

# Forschungsjournal

der Technischen Universität Graz

*Research Journal / Graz University of Technology*



# Inhalt

## Vorwort

- 3 Forschung macht Zukunft  
*Hans Sünkel*

## Kompetenzzentren

- 5 Austrian Bioenergy Centre (ABC)  
*Ingwald Oberberger*  
8 Angewandte Biokatalyse  
*Herfried Griengl*  
12 Das virtuelle Fahrzeug  
*Peter Sengstbratl*  
16 Polymer Competence Centre Leoben (PCCL)  
*Franz Stelzer*

## Christian Doppler Laboratorien

- 19 Neuartige Funktionalisierte Materialien  
*Emil J.W. List*  
22 Brennstoffzellensysteme und Wasserstofftechnik  
*Viktor Hacker*  
25 Nichtlineare Signalverarbeitung  
*Gernot Kubin*

## Science Park

- 26 Startrampe für akademische Unternehmensgründungen an der TUG  
*Franz Holzer*

## Junge Forscherinnen und Forscher an der TUG

- 29 Mehrfachzugriffsverfahren für terrestrische und satelliten-  
gestützte Breitband-Funknetze  
*Ulla Birnbacher*  
30 Räumliche Imaginationen, Visionen, Phantasmen...  
*Nicole David*  
31 Das Schwerefeld der Erde  
*Roland Pail*

## Impressum

Eigentümer: Technische Universität Graz  
Herausgeber: Vizerektor für Forschung  
Redaktion: Büro des Rektors, Referat für Öffentlichkeitsarbeit  
Gestaltung und Satz: Ulrike Haring  
Wir danken den AutorInnen für die Bereitstellung der Texte und Fotos  
Titelfoto: AT&S Leiterplatte (Produktionsprozess)

Verlag: Verlag der Technischen Universität Graz  
[www.fti.tugraz.at/verlag](http://www.fti.tugraz.at/verlag)

ISSN: 1682-5675  
ISBN: 3-901351-58-2



## Forschung macht Zukunft

### Research Shaping Future

Wenn man das vergangene Halbjahr der Entwicklungen an unserer Technischen Universität Graz mit wenigen Worten beschreiben müsste, so wären wohl folgende am zutreffendsten: Voller Schub vorwärts.

So wurde das alte Jahr verabschiedet durch eine intensive Phase der Evaluierungen und das junge Jahr einbegleitet durch Nachrichten, die Anlass geben zu Stolz, Hoffnung und Dankbarkeit zugleich: allen voran die Genehmigung sämtlicher von der TU Graz als Antragsteller oder Mit Antragsteller eingereicherter Kompetenzzentren Kplus:

- Angewandte Biokatalyse
- Austrian Bioenergy Centre
- Das virtuelle Fahrzeug
- Polymer Engineering (Federführung: Montanuniversität Leoben)

Diese derzeit in Entstehung begriffenen und rechtlich als Gesellschaften mit beschränkter Haftung agierenden Kompetenzzentren sind als Vehikel zu verstehen zur harmonischen Verknüpfung einschlägiger Grundlagenforschung mit industrienaher Entwicklung. Die thematische Ausrichtung auf hochaktuelle technologische Themenbereiche, verbunden mit den an unserer TU Graz vorhandenen Kompetenzen und der Leistungsfähigkeit der Industrie, lassen eine sehr positive Entwicklung dieser Zentren mit erheblicher Breitenwirkung zu Recht erwarten.

Die Christian-Doppler-Gesellschaft (CDG) fördert universitäre anwendungsorientierte Grundlagenforschung, die sich an Problemstellungen industrieller Partner orientiert, und ermöglicht dadurch einen effizienten Wissenstransfer von den Universitäten hin zur Wirtschaft. Als Leiter von CDG-Laboratorien sind herausragende, jüngere Wissenschaftler gefordert. Die TU Graz verfügt glücklicherweise über dieses erforderliche „Humankapital“ und gleichzeitig über gut entwickelte Verbindungen zu Industrie und Wirtschaft, so dass auch im CDG-Bereich drei Genehmigungen als beachtliche Erfolge zu verbuchen sind:

- Advanced Functional Materials
- Brennstoffzellensysteme mit flüssigen Elektrolyten
- Nichtlineare Signalverarbeitung

Die Genehmigung des Science Park Graz als österreichweit bestgereihtes Projekt unter allen eingereichten Vorhaben des Programmes AplusB stellt eine Bereicherung der Grazer Universitätslandschaft besonderer Art dar. Ziel des Science Park Graz ist es, Firmengründungen vor allem im Hochtechnologiebereich zu fördern und potentiellen GründerInnen aus dem universitären Bereich den Weg in die Wirtschaft zu ebnen. Die Aktivitäten erfolgen gemeinsam mit der Karl-Franzens Universität Graz und der Steirischen Wirtschaftsförderung SFG als Gesellschafter der vor kurzem gegründeten Science Park Graz GmbH. In der Vollausbaustufe sollen gleichzeitig bis zu 15 GründerInnen durch den Science Park Graz und seine Partner sowie einschlägige Business-Mentoren betreut werden.

Und schließlich erhält die TU Graz aufgrund einer Empfehlung des Rates für Forschung und Technologieentwicklung zur Realisierung einschlägiger Forschungs-Infrastrukturvorhaben vom zuständigen Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur nahezu 7 Mill. Euro. Die bereitgestellten Mittel werden zur Forcierung der Weiterentwicklung dreier ausgewählter Bereiche der Hochtechnologie eingesetzt: Informations- und Kommunikationstechnologie (Stichwort: Scientific Supercomputing), Nanotechnologie und Biotechnologie. Mit dieser Forschungs- und Entwicklungsoffensive wird die TU Graz ihren so erfolgreich eingeschlagenen Weg auf den zukunftssträchtigen Gebieten der Hochtechnologie konsequent weiter beschreiten.

„Das Glück bevorzugt den vorbereiteten Geist“. Diese Worte von Louis Pasteur beschreiben wohl recht treffend die gegenwärtige

Erfolgsserie unserer Technischen Universität Graz, die auf den folgenden Seiten ausführlich dargestellt ist. Grundvoraussetzung dafür war eine in vielen Jahren der wissenschaftlichen Forschung, Entwicklung und Lehre aufgebaute solide Plattform, eine auf klar definierte Ziele ausgerichtete Teamarbeit, eine klare Positionierung in einem internationalen Netzwerk, ein fairer Handschlag mit leistungsfähigen Industrieunternehmen und die Bereitstellung hinreichender Forschungsmittel durch die öffentliche Hand. Dafür gebührt allen Akteuren ein aufrichtiges Dankeschön.

Erfolg ist aber eine Reise und kein Bestimmungsort, ein Sprungbrett und kein Ruhekitzchen. Um diese jüngsten Erfolge auch in die Zukunft weiter zu tragen, bedarf es erneut erheblicher Anstrengungen, wobei hier vor allem das jüngere wissenschaftliche Personal gefordert ist. Unsere jungen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler nehmen diese Herausforderung gerne an, wie das Beispiel dreier hier vorgestellter MitarbeiterInnen eindrucksvoll dokumentiert.

Die in diesem Heft vorgestellten jüngsten Entwicklungen auf dem Gebiet der Forschung stellen natürlich nur einen Ausschnitt dar – wie wohl einen sehr bemerkenswerten – eines breiten Spektrums an beachtenswerten Aktivitäten an unserer Technischen Universität Graz. Das darauf folgende Heft wird sich diesen komplementären Ausschnitten der Forschung, vornehmlich der Beteiligung der TU Graz an den neuen großen nationalen und internationalen Forschungsprogrammen widmen. Von diesen Initiativen erwartet sich die Universitätsleitung erneut starke Impulse für die konsequente Weiterentwicklung der Forschungslandschaft an unserer Technischen Universität Graz und eine weitere Steigerung der Attraktivität des Forschungsstandortes Graz.

### Research shaping future

*When it comes to describe the past six months of achievements at Graz University of Technology in a few words, the following ones seem most appropriate: full trust ahead.*

*After very successful evaluations the application for four competence centres was approved by the Federal Ministry for Traffic, Innovation and Technology:*

- Applied Biocatalysis
- Austrian Bioenergy Centre
- The Virtual Vehicle
- Polymer Engineering (Direction: University for Mining, Leoben)

*These competence centres are considered as powerful vehicles linking fundamental research with industrial development. The outstanding scientific competences at TU Graz and the high efficiency of our industrial partners suggest a wide spreading effect of these newly established, high-tech oriented centres.*

*The Christian-Doppler Foundation (CDF) promotes application-oriented fundamental research at universities with a focus on scientific and technological problems of industrial partners. Thus an efficient knowledge transfer from universities to industry is enabled. Three such CDF laboratories, which are typically led by younger scientists, have been approved:*

- Advanced Functional Materials
- Fuel Cell Systems and Hydrogen Production Cycles
- Nonlinear Signal Processing

*The idea of the AplusB program (Academia and Business) of the aforementioned Federal Ministry is to promote the foundation of private companies in the high-tech sector. The Science Park Graz has been ranked number one among all projects submitted for approval within this program. The Science Park Graz is a joint venture of Graz University of Technology, the Karl-Franzens University Graz, and the SFG, the „Steirische Wirtschaftsförderung“ (Styrian Development agency). When fully operational, up to 15*

*founders from the university sector will be supported by the Science Park Graz, by its associated partners, and by both scientific and business mentors.*

*And last but not least, nearly 7 Mill. Euro have been granted to TU Graz by the Federal Ministry for Education, Science and Culture, based on a recommendation by the National Board for Research and Technological Development. This money will be used for a further technological development in three selected areas of high technology: scientific supercomputing, nanotechnology, and biotechnology.*

*When describing success following hard work, Louis Pasteur used the following words: „Fortune prefers a prepared mind“. In this sense Graz University of Technology has a prepared mind in terms of clearly defined goals, a unique positioning within an international network of research and teaching, and its well-developed cooperation with powerful industry. The additional resources made available now will contribute significantly to put TU Graz in a unique selling position in several selected areas of research and development. This public support is therefore thankfully acknowledged.*

*Success is a journey rather than a destination, a springboard rather than a safety net. In order to be equally successful in the future, strong efforts are required, particularly by our young scientists. Our future is considered an interesting challenge by our young scientists as documented impressively by the example of three young scientists.*

*The latest achievements at Graz University of Technology in the area of research and development represent just a part, though a particularly important one, of a wide spectrum of activities. In the subsequent issue of this research journal other remarkable activities will be presented, particularly the participation of TU Graz in the coming large national and international research programs. These new initiatives suggest another thrust for technological development and thus for further increasing the attractiveness of Graz University of Technology as an outstanding location for research and development.*



## Austrian Bioenergy Centre (ABC)

Aus dem Bereich der thermischen Biomassenutzung hat sich unter der Koordination von Univ.-Doz. Dipl.-Ing. Dr. Ingwald Obernberger (Institut für Grundlagen der Verfahrenstechnik und Anlagentechnik, Technische Universität Graz) eine Proponentengruppe mit zahlreichen Partnern aus Wissenschaft und Wirtschaft gebildet, die die Errichtung des K plus - Kompetenzzentrums Austrian Bioenergy Centre (ABC) im Rahmen der dritten Ausschreibungsrunde des K plus - Kompetenz-zentrenprogrammes beantragte. Im Jänner 2002 erfolgte die Genehmigung durch das Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT).

Das ABC wird seinen Sitz an der Technischen Universität Graz mit einer Außenstelle bei der Bundesanstalt für Landtechnik in Wieselburg haben und durch die Bildung kritischer Massen unter der Nutzung von Synergien qualitativ hoch stehende und international konkurrenzfähige Forschung und Entwicklung auf allen wesentlichen Forschungsgebieten der thermischen Biomassenutzung (Biomasseverbrennung und energetische Nutzung, Biomassevergasung und energetische Nutzung, Brennstoffanalytik und -charakterisierung sowie Modellierung und Simulation) durchführen. Durch die Ansiedlung des Austrian Bioenergy Centre an der TUG kommt es zu einer Konzentration von Partnerinstituten in nächster Umgebung des Zentrums, wodurch eine sinnvolle Nutzung existierender Teststände und Laboratorien ermöglicht wird. Die Außenstelle des Austrian Bioenergy Centre an der Bundesanstalt für Landtechnik in Wieselburg verfügt über erfahrenes Personal, gut ausgestattete Teststände und Laboratorien sowie über ausgezeichnete Kontakte zu österreichischen Herstellern von Biomasse-Kleinf Feuerungsanlagen.

Durch die direkte Zusammenarbeit der Forschungseinrichtungen mit den beteiligten Unternehmenspartnern soll ein Technologievorsprung und Wettbewerbsvorteil in der Wachstumsbranche „Energetische Biomassenutzung“ erreicht werden. Darüber hinaus soll das ABC als Motor für internationalen Technologietransfer sowie nationale und internationale F&E-Kooperationen wirken.

Durch den parallelen Aufbau eines Non K plus - Bereiches soll der Fortbestand des ABC nach Auslaufen der K plus - Förderung nach 7 Jahren gewährleistet werden.

Insgesamt sind am ABC 11 wissenschaftliche Partner beteiligt, wobei 5 wissenschaftliche Partner Institute der TUG sind. Drei dieser Partnerinstitute sind ab Zentrumsstart in Projektarbeiten integriert. Es sind dies

- das Institut für Grundlagen der Verfahrenstechnik und Anlagentechnik,
- das Institut für Wärmetechnik
- sowie das Forschungsinstitut für Elektronenmikroskopie und Feinstrukturforschung.

Die folgenden zwei wissenschaftlichen Partnerinstitute der TUG haben Interessenerklärungen für die zukünftige Mitarbeit am ABC abgegeben:

- Institut für Thermische Verfahrenstechnik und Umwelttechnik
- Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik

Dadurch ist eine starke Anbindung des ABC an die TUG gegeben. Neben den wissenschaftlichen Partnern sind insgesamt 29 Unternehmenspartner aller Größen und aus allen für die thermische Nutzung fester Biomasse relevanten Branchen (Hersteller von Kleinf Feuerungsanlagen, mittelgroßen und großen Feuerungsanlagen; Energieversorgungsbetriebe; Produzenten von Biomassebrennstoffen; Hersteller von KWK-Technologien sowie von Emissionsminderungstechnologien) beteiligt.

Für den Betrieb des Forschungszentrums werden im Vollausbau etwa 50 High-Tech Arbeitsplätze geschaffen. Das genehmigte Gesamtbudget des ABC beträgt für die ersten vier Jahre insgesamt 12,3 Mio. €. Entsprechend den Förderrichtlinien werden 40% der Kosten durch die beteiligten Unternehmungen getragen. Die restlichen 60% werden durch das BMVIT (35%), die Länder Steiermark und Niederösterreich sowie die Stadt Graz (zusammen 20%) und die beteiligten Forschungsinstitute (5%) gedeckt. Die Bundesförderungen werden - mit einer Zwischenevaluierung nach 4 Jahren - für einen Zeitraum von 7 Jahren gewährt.

Die Relevanz der energetischen Biomassenutzung für Österreich und die EU - sowohl im Bereich der Wirtschaft als auch der Energiepolitik - sei durch folgende Schlagwörter verdeutlicht:

- Prognostizierte Erhöhung des Marktvolumens von Biomasse-Verbrennungs- und Vergasungstechnologien in der EU auf 1.000 Mill.US\$ bis 2005 (1995: 709 Mill.US\$ - Marktstudie von Frost & Sullivan Ltd.).
- Erfüllung der EIWOG-Ziele (4% der Stromerzeugung aus Biomasse, Biogas, Deponiegas... bis 2007).
- Geplanter stufenweiser Kernenergieausstieg in der BRD und Schweden, wodurch zusätzlicher Bedarf an energetischer Biomassenutzung entsteht.
- Weißbuch der EU (geplante Verdreifachung der energetischen Biomassenutzung in Europa bis 2010).
- Kyoto Protokoll (Reduktion der Emissionen der Treibhausgase Kohlendioxid, Methan, Distickstoffoxid, teilhalogenierte Fluorkohlenwasserstoffe, perfluorierte Kohlenwasserstoffe und Schwefelhexafluorid in Österreich gegenüber 1990 um 13% im Zeitraum 2008 bis 2012). Als eine wichtige Möglichkeit zur Erreichung dieses Zieles wird der Umstieg von fossilen Energieträgern auf Biomasse angesehen.



Abb. 1 (Figure 1): Forschungsbereiche und deren Zusammenspiel im Austrian Bioenergy Centre

Das ABC trägt mit seiner Forschungstätigkeit zur Sicherung des Forschungsstandortes Österreich, einer Steigerung der Forschungsintensität der Wirtschaft sowie zu einer Erhöhung der österreichischen Teilnahmechancen an internationalen Forschungsprogrammen bei. Weiters trägt das ABC zur Erreichung der oben genannten nationalen als auch internationalen Ziele bei und eröffnet beteiligten Partnern die Chance, an der prognostizierten Steigerung der energetischen Biomassenutzung zu partizipieren.

Die Hauptziele des ABC sind die Durchführung von Grundlagenforschung, industrieller Forschung und vorwettbewerblicher Entwicklung auf dem Gebiet der thermischen Nutzung fester Biomasse, die Stärkung der direkten Zusammenarbeit zwischen Firmen sowie eine verstärkte Kooperation zwischen Wissenschaft und Wirtschaft.

Die Struktur des ABC ist gekennzeichnet durch die Aufteilung in drei Haupt-Forschungsbereiche, wovon zwei Bereiche in weitere

Unterbereiche aufgeteilt sind. Es sind dies „Biomasse-Verbrennung und energetische Nutzung“, „Biomasse-Vergasung und energetische Nutzung“ sowie „Modellierung und Simulation“. Die Struktur der Forschungsbereiche des ABC ist in Abb. 1 dargestellt.

Der Forschungsbereich „Biomasse-Verbrennung und energetische Nutzung“ umfasst die Unterbereiche „Kleinanlagen“ und „Mittelgroße Anlagen und Großanlagen“. Die wesentlichen Forschungsaktivitäten in diesen Bereichen betreffen die Entwicklung von Feuerungsanlagen und Technologien zur Emissionsreduktion, aschebedingte Probleme (wie Depositionen, Verschlackung und Aerosolemissionen) sowie die Entwicklung und Optimierung von Prozesssteuerungen und KWK-Technologien. Im Bereich der Kleinfeuerungsanlagen sind Forschungsschwerpunkte insbesondere die Verbesserung der Automatisierung, der Emissionen und der Zuverlässigkeit. Abb. 2 zeigt ein vormontiertes ORC-Modul bei der Anlieferung als Beispiel einer innovativen KWK-Technologie für dezentrale Biomasse-Heizkraftwerke.



Abb. 2 (Figure 2): ORC-ProzessQuelle: BIOS BIOENERGIESYSTEME GmbH, Graz, Österreich und Turboden s.r.l., Brescia, Italien

Der Forschungsbereich „Biomasse-Vergasung und energetische Nutzung“ umfasst die Unterbereiche „Gasproduktion“, „Gasreinigung“ und „Gasnutzung“. Der Bereich der Gasproduktion wird sich mit der Weiterentwicklung der Wirbelschichtvergasung, im speziellen mit druckbeaufschlagter Wirbelschichtvergasung sowie der Verwendung von katalytischen Bettmaterial und Additiven beschäftigen. Die Gasreinigung wird sich mit trockener und nasser Gasreinigung, Abwasserbehandlung und Prozessintegration auseinandersetzen. Im Bereich der Gasnutzung werden Technologien zur Nutzung von Gas aus Biomasse wie Motoren, Turbinen, Brennstoffzellen sowie Technologien zur Wasserstoffherzeugung und Methanolsynthese entwickelt. Abb. 3 zeigt die Biomasse-Vergasungsanlage in Güssing, die eine Wirbelschichtvergasung benutzt.

Im Bereich der „Modellierung und Simulation“ wird an der Entwicklung von geeigneten Modellen für die CFD-Simulation von Prozessschritten und an der Modellierung und Simulation von chemischen, physikalischen und thermodynamischen Prozessen gearbeitet. Die Modelle und Simulationsroutinen werden sowohl im Bereich Biomasse-Verbrennung als auch im Bereich Biomasse-Vergasung Anwendung finden, womit dieser Forschungsschwerpunkt ein starkes Bindeglied zwischen den beiden anderen Forschungsbereichen darstellt. Abb. 4 zeigt das Ergebnis einer CFD-Simulation einer Biomasse-Rostfeuerung (CO-Profil).

Neben den drei Forschungsbereichen wird die Arbeitsgruppe Daten, Analytik und Messtechnik eingerichtet. Der Aufgabenbe-



Abb. 3 (Figure 3): Biomasse-Vergasungsanlage in Güssing (Wirbelschichtvergasung)  
Quelle: Technische Universität Wien

reich dieser Arbeitsgruppe umfasst die Durchführung von Analysen, Messungen sowie das Management dieser Daten für die drei Areas. Damit bildet diese Arbeitsgruppe ein zentrales Element im Zentrum, das alle Forschungsbereiche unterstützt und damit auch die zentrumsinternen Netzwerkstrukturen und die Zusammenarbeit innerhalb der Forschungsbereiche stärkt.

Die Errichtung des ABC führt durch interdisziplinäre Forschung und verbesserter Kooperation zwischen Forschungsinstitutionen, durch die Bearbeitung von Multi-Firm Projekten, durch die Bildung kritischer Massen, durch hochwertige F&E-Infrastruktur und hohe Kompetenz der beteiligten Partner sowie durch die direkte Kooperation und den Wissenstransfer zwischen verschiedenen Forschungsbereichen zu einem bedeutenden „Added value“ für alle beteiligten Partner des ABC sowie für die Forschung auf dem Bereich der thermischen Biomassenutzung insgesamt.

### Austrian Bioenergy Centre

*A group of proponents formed from numerous partners from science and industry applied for the establishment of the Kplus – Centre of Competence Austrian Bioenergy Centre (ABC) in the framework of the third call for proposals according to the guidelines for the establishment and financing of Competence Centres „Kplus“. The speaker of the group of proposers is Dr. Ingwald Oberberger (Institute of Chemical Engineering Fundamentals and Plant Engineering, Graz University of Technology). The Austrian Bioenergy Centre has been approved in January 2002 by the Ministry of Transport, Innovation and Technology (BMVIT).*

*The ABC will have its main location at Graz University of Technology and a second location at the Federal Institute of Agricultural Engineering in Wieselburg. The ABC will perform excellent and internationally competitive research and development work in all areas of thermo-chemical conversion of solid biomass relevant for Austria (combustion and energy utilisation, gasification and energy utilisation, fuel analyses and characterisation as well as modelling and simulation). Due to the main location of the ABC at Graz University of Technology a strong concentration of scientific partners in the surroundings of the ABC is given and therefore already existing testing facilities and laboratories can be used. The second location in Wieselburg has also well-equipped infrastructure (especially testing facilities and laboratories), experienced staff and excellent contacts to small-scale furnace and boiler manufacturers.*

*The direct cooperation of research institutions and business partners should assure an increased technological know-how and international competitiveness. Furthermore, the ABC should act as a nucleus and motor for international technology transfer as well as international R&D cooperations.*

*A non Kplus area should be established in order to operate the ABC without K plus subsidies after 7 years.*

In total 11 scientific partners and 29 industrial partners are involved in the Centre. Five scientific partners are institutes of Graz University of Technology. The industrial partners cover all sizes and all areas relevant for the thermal biomass utilisation in Austria (small, medium and large-scale furnace and boiler manufacturers; utilities; producers of biofuels; manufacturers of CHP-technologies as well as emission reduction and emission control technologies).

About 50 high-tech jobs will be provided by the ABC. The total budget of the ABC amounts to 12,3 million € for the first

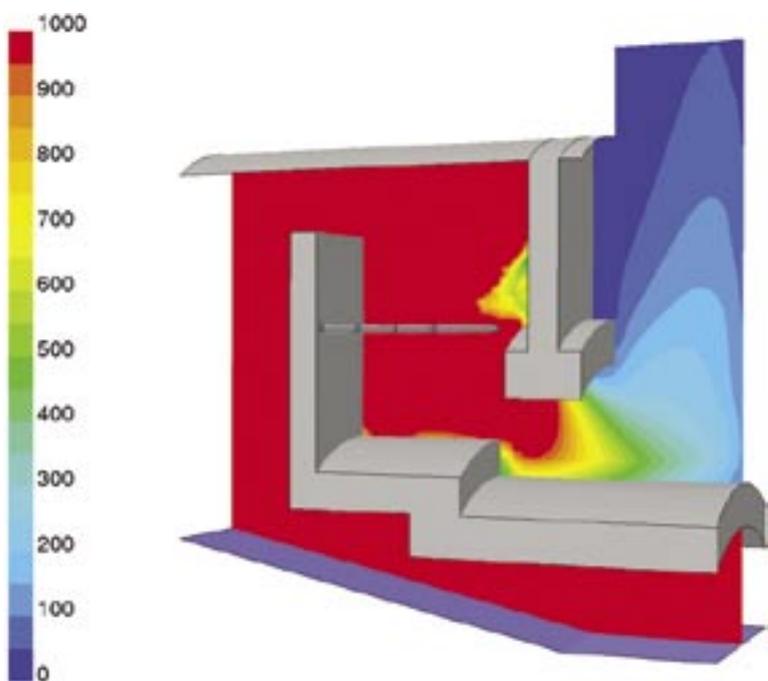


Abb. 4 (Figure 4): Ergebnis einer CFD-Simulation einer Biomasse-Rostfeuerung (CO-Profile in ppmv) Copyright: BIOS BIOENERGIESYSTEME GmbH, Graz

four years. According to the guidelines, the ABC will be funded by the industrial partners (40%), the Ministry of Transport, Innovation and Technology (35%), the state governments of Styria and Lower Austria as well as of the City of Graz (together 20%) and the participating research institutions (5%). The public funds are granted for 7 years, with an intermediate evaluation after 4 years.

The importance of the thermal biomass utilisation for Austria and the European Union both in economy and energy policy is shown as follows:

- Increase of the market volume of biomass combustion and gasification in Europe to over 1,000 million US\$ by the year 2005 (1995: 709 million US\$ – Frost and Sullivan market study).
- ELWOG (Austrian Electricity Supply Act): additional 4 % of overall electricity production from renewable energy (excluding hydropower).
- Planned phase out of nuclear power plants in several European countries (e.g. Germany, Sweden,...).
- White Paper on Energy Policy of the European Commission: tripling the energy production from biomass by the year 2010.
- Kyoto protocol: obligation to reduce greenhouse gas emissions, especially CO<sub>2</sub> (one important possibility for fulfilling these goals is the changeover from fossil fuels to biomass).

The ABC contributes to ensure the internationally recognised leading position of Austria in the thermal utilisation of solid biomass and to increase the research activities of the industry active in this field. In addition, the chances of the Austrian industry to participate in international research programmes can be enhanced. Furthermore, the ABC contributes to achieve the national and international goals mentioned above and gives the partners the opportunity to participate from the market development forecasted.

The main goals of the ABC are the performance of basic research, industrial research and pre-competitive development in the field of thermal utilisation of solid biomass, to strengthen the cooperation between companies and to increase the cooperation between science and industry.

The research programme of the ABC is divided into three divisions (research areas), two of them are further broken down into sub-areas (i.e. „combustion and energy utilisation“ with the sub-areas „small-scale systems“ and „medium and large-scale systems“; „gasification and energy utilisation“ with the sub-areas „gas production“, „gas cleaning“ and „gas utilisation“; „modelling and simulation“). The structure of the research programme is shown in Figure 1.

The main topics in the research area „combustion and energy utilisation“ will be the development of furnaces and emission reduction technologies, ash related problems (deposit formation, slagging, aerosol emissions) as well as the development and optimisation of process control systems and CHP-technologies (combined heat and power-technologies). The improvement of the level of automation, the reliability and the emission reduction for small-scale furnaces will be the main topics especially in the sub-area „small-scale systems“. An innovative CHP-technology for decentralised CHP systems, the ORC process, is shown in Figure 2.

The main topics in the research area „gasification and energy utilisation“ will be the development of advanced fluidised bed gasification systems, especially the pressurised fluidised bed gasification, the use of catalytic bed material and additives, dry and wet gas cleaning systems, waste water treatment, process integration, gas engines and turbines, fuel cells, hydrogen production and methanol synthesis. Figure 3 shows the biomass gasification plant in Güssing, based on the principle of fluidised bed gasification.

The development of appropriate models for the CFD-simulation of process steps and modelling and simulation of chemical, physical and thermodynamic processes will be the main topics in the research area „modelling and simulation“. The modelling and simulation tools will not only be applied within the area „modelling and simulation“ but also in the areas „combustion and energy utilisation“ and „gasification and energy utilisation“. The results of a CFD-simulation of a biomass grate furnace is shown in Figure 4 (CO-profiles).

For all chemical analyses and the majority of measurements to be performed within the various ongoing R&D projects a Centre-internal data, analyses and measurement group will be set up. The main goals of the working group „data, analyses and measurement techniques“ will be the performance of analyses and measurements as well as the management of data gained for the three research areas. This working group has therefore strong cross-links to all research areas thus supporting Centre-internal networking.

A significant added value for the partners of the ABC as well as for the research in the field of thermal utilisation of solid biomass can be achieved by the establishment of the ABC due to the interdisciplinary research and improved cooperation between R&D institutions, the multi-firm projects to be performed, the formation of critical masses, the high value R&D infrastructure and expertise and the direct cooperation and knowledge transfer between different R&D areas.



# Angewandte Biokatalyse

## Applied Biocatalysis

Biokatalyse – der Einsatz von Enzymen und Mikroorganismen zur Durchführung von chemischen Reaktionen – gewinnt immer mehr an Bedeutung, nicht nur im Laboratorium, sondern auch für die industrielle Synthese, wie kürzlich veröffentlichte Untersuchungen zeigen. Neben der Umweltfreundlichkeit – häufig wird Wasser als Lösungsmittel verwendet – haben in den letzten Jahren besonders die über biokatalytische Methoden erzielbaren Selektivitäten zur Entwicklung industrieller Verfahren geführt.

Das Kompetenzzentrum Angewandte Biokatalyse mit dem Schwerpunkt an der Technischen Universität Graz bündelt für Österreich Grundlagenforschung und industriennahe Entwicklung auf diesem Gebiet.

Biokatalyse als Teil der Biowissenschaften (Biotechnologie) ist einer der zukunftsweisenden Bereiche für die technologische Entwicklung. Weltweit gibt es hier größte Forschungsinvestitionen. Einige Unternehmen produzieren mit Hilfe von Enzymen Produkte bereits im Vieltonnenmaßstab. Die Tendenz ist steigend, weil durch die Biokatalysatoren einzelne Schritte vielfach ökonomischer und unter größtmöglichem Schutz der Umwelt umgesetzt werden können. So lag der Umsatz für chemisch und biokatalytisch gewonnene Feinchemikalien und Zwischenprodukte für den Agrobereich und Pharmazeutika im Jahr 2000 weltweit bei rund € 6.5 Milliarden. Mit den neuen Möglichkeiten könnte er bis 2007 auf weltweit € 18 Milliarden ansteigen. Doch die Integration biokatalytischer Schritte in bewährte Produktionsprozesse erfordert viel Entwicklungsarbeit.

### Warum Biokatalyse ?

Ein Katalysator ist ein Stoff, der eine chemische Reaktion beschleunigt. In der lebenden Natur laufen die Vorgänge im Organismus, beispielsweise die Gewinnung von Energie aus der eingenommenen Nahrung, ebenfalls unter der Beteiligung von Katalysatoren ab. Diese Katalysatoren der lebenden Natur, die Enzyme, sind Einweißstoffe. Diese Biokatalysatoren werden im Organismus selbst produziert und besitzen eine extrem hohe Wirksamkeit.

Seit etwa 20 Jahren ist bekannt, dass es möglich ist, diese Biokatalysatoren auch für Reaktionen von Verbindungen einzusetzen, die nicht in der Natur vorkommen oder die zumindest nicht die natürlichen Substrate der Enzyme darstellen. In den 80er Jahren des 20. Jahrhunderts setzte hierauf eine stürmische Entwicklung ein, zumindest im rein wissenschaftlichen Bereich. Später erkannte man auch die große industrielle Bedeutung von biokatalytischen Verfahren.

Was sind die Gründe für dieses weltweite Interesse an Biokatalyse ?

### 1) Ökologie und Wirtschaftlichkeit

- Keine Umweltproblematik, da die Biokatalysatoren wie erwähnt Proteine sind, natürliche Stoffe, deren biologischer Abbau keine Schwierigkeiten bereitet. Auch ist es in der Regel möglich, diese Biokatalysatoren für viele Reaktionszyklen zu verwenden, was die Notwendigkeit für eine, ohnedies ohne Schwierigkeiten durchzuführende, Entsorgung in Bezug auf die Häufigkeit reduziert,
- im Gegensatz zu anderen technischen Prozessen sind keine starken Säuren oder Basen notwendig. Dadurch erübrigt sich für das Abwasser eine Neutralisation, die zur Erhöhung der Salzfracht des Abwassers führen würde,
- keine giftigen Schwermetalle als Katalysatoren,

- die biokatalytischen Reaktionen können mit Wasser als Lösungsmittel unter physiologischen Bedingungen durchgeführt werden, wenn auch der Einsatz organischer Lösungsmittel möglich ist,
- milde Reaktionsbedingungen, dadurch Energiebedarf niedrig,
- bei eventuellen Störfällen in der Produktion keine oder nur geringe Gefährdung für das Personal und die Umgebung.

### 2) Hohe Selektivität

Biokatalysatoren zeigen die einzigartige Eigenschaft, von vielen potentiell möglichen Reaktionswegen nur einen einzigen zu katalysieren und dadurch zu bewirken, dass nur dieser einzige Reaktionsweg beschritten wird.

Von besondere Bedeutung ist hierbei die so genannte Enantioselectivität. Viele organisch-chemische Verbindungen zeigen die Struktureigenschaft, dass sie in zwei Formen vorkommen können, Enantiomere genannt, die sich zueinander so verhalten wie Bild und Spiegelbild. Ein allgemein einleuchtendes Beispiel ist hier der Vergleich zwischen rechter und linker Hand. Für sich betrachtet sehen rechte und linke Hand gleich aus, jedoch ist die eine das Spiegelbild der anderen.

Abb 1 zeigt die chemischen Formeln verschiedener Verbindungen. Details sind hier nicht wichtig, sondern nur die Tatsache, dass die rechtsstehende Formel das Spiegelbild der linksstehenden Formel darstellt. Man sieht, dass die biologischen Eigenschaften von Bild und Spiegelbild (von Enantiomeren) in der Regel unterschiedlich sind (bei den Beispielen bitter oder süß, teratogen (embryoschädigend) oder sedativ,  $\beta$ -Blocker oder geringe kontrazeptive Wirkung).

Es ist daher verständlich, dass von jenen Wirkstoffen von Pharmaka, die aufgrund ihrer Struktur in zwei zueinander spiegelbildlichen Formen vorkommen, nur eine dieser Formen den Wirkstoff darstellt, während die andere für Nebenwirkungen verantwortlich ist bzw. im besten Fall den Organismus unnötig belastet.

Biokatalytische Reaktionen eröffnen die Möglichkeit, dass durch sie nur eine der beiden möglichen Formen, das Bild oder das Spiegelbild, erhalten wird. Die Abb. 2 zeigt die sich daraus ergebende wirtschaftliche Bedeutung der Biokatalyse und die Forschungsausgaben für Biotechnologie, Biokatalyse ist ein Teil davon, für KMUs (kleine und mittlere Unternehmen).

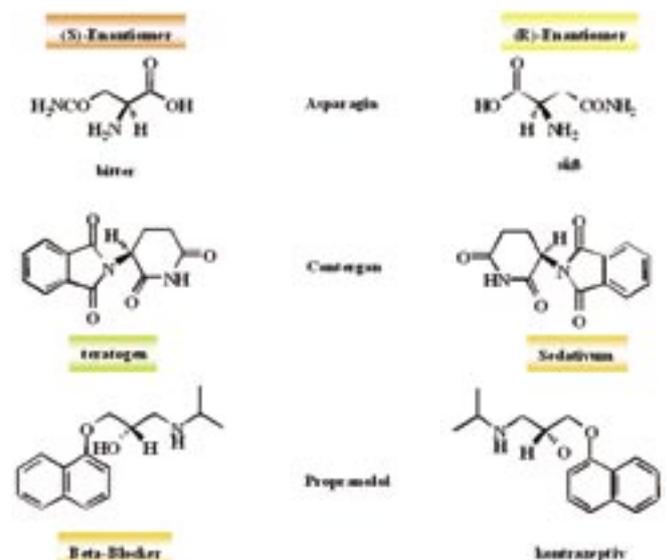




Abb. 2

**Biokatalyse in Graz**

Die Beschäftigung mit Fragen der Biokatalyse hat in Graz eine lange Tradition. Waren die Arbeiten zunächst vorzugsweise biotechnologisch ausgerichtet und wurden am Institut für Biotechnologie durchgeführt, so wurde etwa 1984 mit eigentlichen biokatalytischen Forschungen am Institut für Organische Chemie der Technischen Universität Graz begonnen. 1989 wurde an diesem Institut von den damaligen Austrian Industries ein Christian Doppler Laboratorium für den Bereich der Biokatalyse eingerichtet. 1993 folgte die Schaffung des Spezialforschungsbereichs Biokatalyse mit der Technischen Universität Graz als Trägeruniversität. Infolge der großen Interdisziplinarität dieses Forschungsbereichs sind an diesem Spezialforschungsbereich eine Reihe von Instituten sowohl der TU Graz wie der Karl-Franzens-Universität beteiligt.

In logischer Fortentwicklung kam es schließlich im heurigen Jahr zur Gründung des Kompetenzzentrums Angewandte Biokatalyse. Waren auch schon bisher Industriefirmen in die Forschungsarbeiten eingebunden, so wurde nun auch der Bereich der potentiellen Anwendung der Biokatalyse durch die Beteiligung von Firmen institutionalisiert. Um der Breite der Thematik Rechnung zu tragen, erfolgte auch eine neue Orientierung und Ausweitung der Forschungsbereiche.



Abb. 3

**Organisationsstruktur des Kompetenzzentrums Angewandte Biokatalyse**

Ziel des Kompetenzzentrums ist es, die gesamte Forschung auf

dem Gebiet der Biokatalyse in Österreich mit dem Zentrum in Graz zu bündeln. Für die Ausweitung der bearbeiteten Thematik wurden auch Arbeitsbereiche mit Forschungspartnern in Oberösterreich, Tirol und Wien einbezogen.

Als Rechtsform ist für Kompetenzzentren eine GesmbH vorgesehen. Für das Zentrum Angewandte Biokatalyse wird der Hauptgesellschafter die Technische Universität Graz sein. Weitere Gesellschafter sind die Karl-Franzens-Universität Graz, die Universität Linz, die Universität für Bodenkultur Wien und die beiden Landesforschungsgesellschaften JOANNEUM RESEARCH und Upper Austrian Research. Die Partner der Forschungsarbeiten sind in der Abb. 4 zusammengefasst. Die industriellen Partner sind dabei aktiv in die Forschungsarbeiten einbezogen. In Bezug auf das Förderungsvolumen ist das Kompetenzzentrum Angewandte Biokatalyse das größte Kompetenzzentrum in Österreich.

Partner	
<b>Industrielle Partner</b>	<b>Wissenschaftliche Partners</b>
<b>Graz</b>	Graz University of Technology
Celbapharm, Graz	Biochemistry
JOM Research, Graz	Biochemistry
VTU Engineering, Graz	Mikrobiologie und Abfalltechnologie
Alcon, Graz	Biomedical Engineering
<b>Styria</b>	Mechanics and Visualization
Leitoprint, Hartberg	Organic Chemistry
Lichtman, Kapfenberg	Chemistry and Technology of Organic Materials
Neomoran, St.	Analytical Chemistry
<b>Austria</b>	University of Graz
DSM Fine Chemicals, Linz	Chemistry
Vögelbusch, Vienna	Medical Biochemistry
Biochemie, Kund	Molecular Biology
Gesner Bio-oma, Kremsmünster	Agricultural University Vienna
Medcol, Vienna	Food Technology
Novosynth, Vienna	University of Linz
Rohrer Kreuz, Linz	Biophysics
<b>Europe</b>	Joanneum Research
Clva Life Sciences, Basel	Upper Austria Research
Degussa, Hückel	
Profress, Regensburg	

Abb. 4

**Wissenschaftliches Arbeitsprogramm im Zentrum**

Die Forschungsarbeiten konzentrieren sich auf einen sehr großen und breit angelegten strategischen Bereich mit acht grundlagenorientierten Einzelprojekten und drei darauf aufbauenden miteinander stark verknüpften Hauptforschungsgebieten (Area 1-3)

**Zentrale Grundlagenforschung**

Aufgabe des zentralen Bereichs ist die Durchführung von Grundlagenforschung auf dem Gebiet der Biokatalyse. Neben grundlegenden Fragestellungen soll damit auch die Basis für die „vertikalen“ Bereiche gelegt werden, wo zwar auch präkompetitive Forschung betrieben wird, jedoch mit einem stärkeren anwendungstechnischen Aspekt. Nachstehend sind einige der Forschungsgebiete aus dem strategischen Bereich herausgehoben.

Die Entwicklung von Biochips im Kplus-Zentrum soll neue Perspektiven der Enzymanalytik in der Chemie, Biotechnologie und Medizin eröffnen. Dieses Vorhaben steht im Zusammenhang mit dem derzeit hochaktuellen Gebiet der „Functional Genomics“, das alle Anstrengungen zusammenfasst, die zu einem umfassenden Verständnis der zellulären Funktionen auf der Basis der vorgegebenen genetischen Anlagen sowie der „umweltbedingten“ Einflüsse führen sollen.

Im strategischem Projekt „Enzyme reaction engineering“ wird versucht, die bisherigen Kenntnisse so weiterzuentwickeln, dass enzymtechnologische Produktionsverfahren eine echte wirtschaftli-

che Alternative zu den bisherigen chemisch katalysierten Prozessen bieten können.

#### Area 1: Biokatalytische Synthese

Die interdisziplinären Forschungsarbeiten befassen sich mit neuen Anwendungen von Enzymen zur Darstellung organischer Verbindungen. Besonderes Augenmerk gilt dabei der Selektivität und der Wirtschaftlichkeit.

Schwerpunkt ist die Gewinnung von enantiomerenreinen Verbindungen als Zwischenprodukte für die Synthese von Wirkstoffen für Arzneimittel oder Agrochemikalien.

Ein weiterer Bereich ist der biokatalytischen Modifikation von Polymeren gewidmet. Es ist auf diese Weise möglich, die Oberfläche der Polymere über schonende und umweltfreundliche Methoden zu modifizieren. Damit können verbesserte anwendungstechnische Eigenschaften erzielt werden.

#### Area 2: Enzymentwicklung und Analytik

Biokatalytische Verfahren können nur dann in industrielle Anwendungen umgesetzt werden, wenn die dafür benötigten Enzyme in ausreichenden Mengen verfügbar sind und genügend effizient arbeiten können. Die Zielstellung der in Area 2 geplanten Forschungsarbeiten ist, diese Voraussetzungen zu schaffen. Die generellen Ziele dabei sind effiziente Systeme für die Rekrutierung und Herstellung der benötigten Enzyme zu entwickeln und Verfahren aufzubauen, die es erlauben die Eigenschaften von Enzymen so zu verändern, dass diese den Erfordernissen von technischen Prozessen möglichst optimal angepasst sind.

Konkret werden in Area 2 folgende Forschungsprogramme bearbeitet:

##### *Erschließung von neuen Enzymen*

Ziel dieser Arbeiten ist, aus der breiten natürlichen Diversität an Enzymen solche herauszufiltern, die in der Lage sind, interessante biokatalytische Umsetzungen zu katalysieren. Dabei liegen die Enzyme als „rekombinante“ Systeme vor, das heißt, die entsprechenden Gene werden aus den ursprünglichen natürlichen Organismen isoliert und in gut charakterisierte, sowie einfach und sicher handzuhabende Mikroorganismen eingebaut (kloniert).

##### *Funktionelle und strukturelle Charakterisierung von Enzymen*

Ein hoher Wissensstand über den Aufbau und die Funktionsweise ist notwendig, um effizient Eigenschaften eines Enzyms verändern zu können. Moderne Methoden der Strukturbiologie und der Enzymkinetik kommen hier zum Einsatz.

##### *„Engineering“ von Enzymen*

Aus natürlichen Quellen isolierte Enzyme entsprechen in den meisten Fällen nicht den Anforderungen von technischen Anwendungen. Die moderne Gentechnik hat Möglichkeiten eröffnet, die Eigenschaften von Enzymen dadurch zu verändern, indem in ihren genetischen Bauplan eingegriffen wird. Dazu werden entweder einzelne Aminosäuren im Enzym ausgetauscht oder es wird sozusagen im Reagenzglas die evolutionäre Entwicklung des Enzyms stimuliert. Dabei wird, ausgehend von einem gut charakterisierten Enzym, auf Basis des klonierten Gens eine künstliche Population von zufällig veränderten Enzymvarianten geschaffen und diese durch geeignete Selektions- oder Screeningverfahren nach für den gewünschten Prozess verbesserten Varianten durchsucht („dirigierte Evolution“).

##### *Entwicklung von Screening- und Selektionssystemen*

Das Konzept der „dirigierten Evolution“ ist von besonderer Bedeutung für die Biokatalyse, da es möglich ist, in relativ kurzer Zeit und bei geringem Stand an Wissen über Struktur und Funktion eines Enzyms verbesserte Varianten zu gewinnen. Voraussetzung dafür ist die Verfügbarkeit von Systemen, die es erlauben, aus einer großen in vitro geschaffenen Population an Enzymvarianten solche Enzyme herauszufiltern, die verbesserte Eigenschaften zeigen. Ziel der Forschungsarbeiten hier ist, moderne Micro- und Nanomethoden (Microchips, Nanochips) zu entwickeln, die es ermöglichen, bei vertretbarem Aufwand große Mengen an Enzymvarianten zu screenen („High Throughput Screening“).

#### Area 3: Enzymatische Umwandlung von Kohlenhydraten

Kohlenhydrate stellen eine wichtige, praktische unerschöpfliche Gruppe von erneuerbaren bzw. nachwachsenden Rohstoffen dar. Ihre Verwertung kann entweder auf makromolekularer Ebene ansetzen oder erfordert einen vorangehenden mehr oder weniger vollständigen hydrolytischen oder phosphorolytischen Abbau in die monomeren Bausteine. Die entsprechenden Mono- und Oligosaccharide können dann der Biotransformation unterworfen werden. Dabei stehen Enzyme als meist sehr spezifische Biokatalysatoren der Zellen im Mittelpunkt. Mit ihrer Hilfe werden die preiswerten Ausgangsstoffe für die Herstellung höherwertiger Verbindungen herangezogen, die im Bereich Lebensmittel, Gesundheit und Tierernährung eine bedeutende Rolle spielen. Der Ersatz bisheriger chemischer Syntheseverfahren bzw. die Herstellung neuartiger Verbindungen durch die meist sehr spezifischen Enzyme im industriellen Maßstab sind ein wesentliches Ziel dieses Schwerpunktprogramms.

#### *Applied Biocatalysis*

*Biosciences are evolving as key areas of science and technology and are seen as important parts of future economic growth. Biocatalysis is part of this scientific domain, frequently crossing the interdisciplinary borderlines to physics as well as biology and medicine. It is the technique of using enzymes - either isolated or within the cell - as a means to perform synthetic chemical transformations. As these reactions are following the example of natural systems, similar high selectivities and mild reaction conditions are achievable in combination with increased eco-efficiency due to little problematic waste being left over in industrial applications. Connected with these aims are developments in enzyme analytics. In particular, recent progress in medical diagnosis and therapy was triggered by the application of biocatalysis to nanoarray techniques as an analytical tool for the determination of enzymes in biological fluids.*

*It is the intention of the Centre to cover all the aspects mentioned above for novel developments, to strengthen the competitiveness of its industrial partners, and to keep in touch with the international scientific and industrial community.*

*The main long-term targets are:*

- *development of efficient syntheses using biocatalysts to a broadly applicable methodology also on an industrial scale (area 1)*
- *making available novel enzymes by molecular genetics, development of methods for identifying interesting enzymes in natural and artificial diversities at microscale and high-throughput level (screening/selection), establishing rapid and efficient strategies for enzyme engineering including exploitation of novel enzymatically functionalised nanostructures, functional, structural and molecular characterisation of enzymes, development of highly effective (recombinant) production systems*

- *for biocatalyst preparation (area 2)*
- *Preparation of biochips and biosensors for the qualitative and quantitative determination of enzymes in biological samples and the interaction of these enzymes with natural and synthetic substrates in biocatalytic reactions (area 2)*
- *conversion of carbohydrates by enzyme technology since in particular for these substrates the beneficial properties of biocatalysts, high selectivity and mild reaction conditions, offer tremendous advances as compared to conventional techniques (area 3)*
- *general basic research in the field of applied biocatalysis including development of tools for problem solutions in the areas above (central research area and strategic programmes)*

*The Kplus Centre Applied Biocatalysis is aiming at making available these advanced methods for economic exploitation by industry working in this field by bundling major parts of the related high-standing expertise available in Austria. It is a continuation of a well-established multidisciplinary network of experts based on the Christian Doppler Laboratory of Chiral Compounds, Enzymatic and Microbial Synthesis of the Austrian Industries AG (1989-1994) and the Special Research Programme Biocatalysis of the Austrian Science Fund (1993-2003). With its centre of gravity in Graz, there will also be activities located in Linz and Vienna as well as involvement of international industrial partners. The Centre is designed to be developed into a contract RTD company and continued beyond the period subsidised by the Kplus programme.*

*The planned Competence Centre Applied Biocatalysis pursues three overall objectives: (i) it serves to strengthen the existing infrastructure for both precompetitive research (Kplus) as well as market oriented research and development and scientific services (non-Kplus) in specific areas of applied biocatalysis crucial for the future development of Austrian industries in this field; (ii) it is meant not only to enhance the competitiveness of the Austrian industry in this area but also of related service sectors in Austria; (iii) the Centre is to be seen as a long-term institution for precompetitive (Kplus) and competitive (non-Kplus) industrial research. The total budget (4 years) of the Centre is around 17 million EURO, employing nearly 50 scientists in the centre and a number of senior academic staff with part time contracts.*

*As a promotor of product and process innovation, the Kplus Centre Applied Biocatalysis is designed to perform the following specific functions:*

- *Technology and know-how transfer between science and industry (in both directions) – both via project results, exchange of experienced specialists and expert training (educational programme)*
- *Specific support for the requirements of SMEs*
- *Providing feedback for adjustment of basic research and teaching at the academic institutions*
- *On-the-job training for graduates from the university and other educational institutions*
- *Initiation of spin-offs and the foundation of industrial companies by employees of the Centre.*

*The proposed centre will bring together the scientific strength in the field and important industrial partners situated in Upper Austria, Styria, other parts of Austria and abroad. Thus, it constitutes an important project in the framework of technology policies of the two provincial governments.*



# Das virtuelle Fahrzeug

## *The Virtual Vehicle*

### Vorgeschichte

Schon im Vorjahr gab es intensive Kontakte zwischen den Instituten der Fakultät für Maschinenbau der TUG und einigen führenden österreichischen Entwicklern und Herstellern von Fahrzeugen und Fahrzeugkomponenten. Die Modellierungs- und Simulationstechniken des Engineering und der Produktion für das gesamte Fahrzeug anzuwenden wurde alsbald zur Vision. Schon im Herbst 2001 konnte ein abgerundeter Projektplan vorgestellt und im Rahmen des „K plus – Kompetenzzentrenprogrammes“ des Bundesministeriums (BMIVT) eingereicht werden. Eine internationale Jury begutachtete die Forschungsvorhaben. Bis auf wenige Einwendungen der Experten wurde fast das gesamte Forschungsprogramm dem Ministerium empfohlen, so dass Mitte Jänner 2002 die schriftliche Zusage, dieses Kompetenzzentrum zu fördern, in Graz einlangte. Von der Vision getragen „Das virtuelle Fahrzeug“ („vif“) Realität werden zu lassen, wurde von allen Beteiligten mit hohem Engagement die Gründung dieses Kompetenzzentrums in die Tat umgesetzt.

### Projektvolumen

Das gesamte Projektvolumen für die nächsten vier Jahre beträgt 16,35 Mio. Euro und wird zu 60% gefördert. Die Fördergeber sind der Bund mit 35%, das Land Steiermark und die Stadt Graz zusammen 20%, und die Technische Universität Graz mit 5%.

Die Förderleistung der TUG wird durch die intensive Mitarbeit der Institute in den Forschungsprojekten erbracht. Die Industriepartner bringen 20% Eigenleistungen und 20% Geldmittel ein. Der größte Teil der Projektarbeit (75%) wird im Kompetenzzentrum selbst abgewickelt.

### Rahmen

Das Kompetenzzentrum – Das virtuelle Fahrzeug Forschungsgesellschaft mbH widmet sich dem Einsatz und der Entwicklung virtueller Modellierungs- und Simulationstechniken um konkurrenzfähige und innovative Werkzeuge zur Verwirklichung einer umfassenden virtuellen Fahrzeugentwicklung im Bereich der straßen- und schienengebundenen Fahrzeuge zu erarbeiten. Damit werden fundierte Voraussetzungen für die Reduktion der Entwicklungszeiten im Fahrzeugbau geschaffen.

Die Steiermark, insbesondere der Großraum Graz, hat sich im letzten Jahrzehnt zum österreichischen Zentrum für die Fahrzeugindustrie entwickelt. Die involvierten Unternehmen wurden in weiterer Folge selbst oft Teil größerer überbetrieblicher Netzwerke (Cluster) bzw. Firmenkooperationen. Dies gilt gleichermaßen für die straßen- wie für die schienengebundenen Fahrzeuge.

Das Hauptaugenmerk aller zukünftigen Entwicklungen in diesem wichtigen Industriezweig gilt dem Vermögen, rasch und mit den neuesten wissenschaftlichen und technologischen Erkenntnissen auf den Markt zu reagieren. Die Entwicklungsmethodik, welche diesen Anforderungen gerecht wird, ist die virtuelle Modellierung und Simulation des Produktes.

Dies wiederum ist eine Stärke der beteiligten Institute der Technischen Universität Graz. Zudem weisen Forscher der TUG, insbesondere der Fakultät für Maschinenbau auf diesem Gebiet ein durch zahlreiche nationale und internationale Förderungen und Auszeichnungen manifestiertes Know-How aus.

Durch Bündelung der vorhandenen personellen und experimentellen Ressourcen im Rahmen des K plus - Zentrums „vif“ entsteht in einem Netzwerk zwischen Universität und Industrie eine, gegenüber der derzeitigen üblichen Bearbeitung einzelner Projekte durch Einzelinstitute, äußerst qualifizierte, schlagkräftige und überkritische

Forschungseinheit. Diese wird somit in der Lage sein, die vielfältigen Aufgabenstellungen der steirischen und österreichischen Fahrzeugindustrie auf dem Gebiet der Forschung und Entwicklung auf international führendem Niveau effektiv und effizient zu lösen, in einer Art und Weise, die für isolierte Einzelprojekte unerreichbar wäre.

Modellierung und Simulation ermöglichen die technologisch – virtuelle Darstellung eines Fahrzeuges, beginnend mit der grundsätzlichen Entwicklungsphase (virtual design) in mechanischer, thermodynamischer und strömungstechnischer Hinsicht, einer ingenieurmäßigen Umsetzung in einen virtuellen Prototyp (virtual engineering), einer virtuellen Fertigung (virtual manufacturing), bis hin zum virtuellen Fahrverhalten und der Sicherheitsüberprüfung (virtual testing einschließlich der Crash-Simulation). Die ungeheure Stärke dieses Konzeptes liegt in der permanenten Verfügbarkeit des jeweilig letzten Entwicklungsstandes, alle Versionen und Varianten einschließend, jedes einzelnen dieser Schritte in der vollen Bandbreite der gesamten Entwicklung. Die virtuelle Entwicklung erfolgt somit rascher, umfassender und wirtschaftlicher als eine Reale.

### Ziele

Die Hauptziele des K plus - Zentrums „vif“ sind wie folgt zu beschreiben:

1. Forschungsprogramm: Modellierung und Simulation sind die vielversprechendsten Werkzeuge der modernen Ingenieurwissenschaften. Neben den im Forschungsprogramm definierten Zielen für die einzelnen Projekte, Cluster und Areas, stehen die Öffnung der Universität für industrierelevante Grundlagenforschung, die Erhöhung der Ausbildungsqualität, die Erhöhung der Attraktivität dieser Forschung für junge Menschen, der Transfer von Forschern in die Industrie aber auch die Reduktion der Entwicklungszeiten für die Industrie an erster Stelle.
2. Programmstruktur: Die Programmstruktur ist so angelegt, dass durch die Input- und Outputvorgabe eine enge Vernetzung der einzelnen Forschungsprogramme der gesamten Programmstruktur sichergestellt wird und das Zentrum in kurzer Zeit als weitgehend homogene Forschungseinheit agieren kann. Dadurch wird neben der Kompetenz zur Lösung von Einzelaufgaben bevorzugt eine ganzheitliche Forschungsstrategie des Zentrums erreicht werden.
3. Ausnutzen von Synergien: Die Arbeit im K plus Zentrum „vif“ konzentriert sich auf bestimmte Anwendungsgebiete. Durch die Verbindung, sowohl der beteiligten Institutionen, Universitätsinstitute und Industriepartner, als auch durch die Einbindung verschiedener Anwendungsbereiche (wie z.B. Schienen- und Straßenfahrzeuge) werden rasch kritische Massen entstehen und Synergieeffekte ausgenützt werden. Durch die bevorzugte Einbindung von Projekten mit mehreren Industriepartnern (multifirm) soll dieser Synergieeffekt noch verstärkt werden.
4. Standortsicherung für Industrie und Universität: Die Realisierung des K plus - Zentrums „vif“ bietet für die beteiligten Unternehmen die Vorteile der frühzeitigen Erkennung und des Zugangs zu modernen Entwicklungstrends und grundlagenorientierter Methodik. Dies macht sie für ihre Kunden äußerst attraktiv und ermuntert zu zusätzlicher Initiative im Bereich eigener F&E Aktivitäten (Additionalität). An der TUG entsteht dadurch ein modernes, theoretisches und anwendungsorientiertes Arbeitsgebiet, welches große Chancen für junge Wissenschaftler bietet. Außerdem werden im Zentrum für die Industrie Spezialisten ausgebildet. Die Kooperation der Institute und Fakultäten innerhalb der TUG wird so gefördert und jene zwischen TUG und Industrie weiter institutionalisiert. Insgesamt werden sich daraus neue,

äußerst positive Effekte für den Wissenschafts- und Wirtschaftsstandort Graz und Steiermark ergeben.

5. Technologietransfer: Durch die verbreiterte Verbindung von Grundlagenforschung (Universität) und anwendungsorientierter Forschung und Entwicklung (industrieller F&E) im Zentrum soll es durch gegenseitigen Technologietransfer zum Aufbau eines Netzwerkes kommen, welches den Rahmen für kooperative Forschung bildet. Wissen und Kompetenz der einzelnen Partner sollen so optimal genutzt und sich gegenseitig befruchtend ausgebaut werden. Besonderer Wert wird hier auf die Veröffentlichung der erreichten Forschungsergebnisse, sowie auf die Weitergabe von erarbeitetem Wissen gelegt (Tagungsveranstaltungen, Kurse).
6. Internationale Kooperation: Durch Schaffung von Reserven für zukünftige Partner im Rahmen des K plus - Bereichs des Zentrums sollen neue Partner auch auf internationaler Ebene eingeladen werden ihre Expertise einzubringen. Durch Technologietransfer und die Ausnutzung von Synergien soll neue Expertise für das Zentrum dazu gewonnen werden, die wiederum Basis für selbstständige Auftragsarbeiten von „vif“ bildet (non-K plus - Bereich). Das Erreichen einer überkritischen Masse auch in diesem Bereich ist erklärtes Ziel von „vif“. Hierzu ist die Schaffung internationaler Kooperationen erforderlich, so dass das längerfristige Ziel ein nationales Zentrum mit starker internationaler Einbindung ist (auch über europäische Projekte).
7. Schaffung eines führenden Forschungszentrums für virtuelle Fahrzeugentwicklung: Langfristiges Ziel ist es, das „vif“ zu einem international führenden Forschungs- und Entwicklungszentrum für virtuelle Fahrzeugentwicklung zu machen, das aufgrund der erarbeiteten Expertise als der kompetente Ansprechpartner, nicht nur für die lokale, sondern auch für die internationale Fahrzeugindustrie wird. Durch die enge Vernetzung mit der TUG entsteht damit auch ein nachhaltig wirkender Wissenstrust in einem fortschrittlichen zukunftssträchtigen Arbeitsgebiet.
8. Aus- und Weiterbildung der „vif“ Mitarbeiter: Ein wesentliches Ziel ist die Aus- und Weiterbildung des wissenschaftlichen Personals des „vif“ auch im Rahmen der Teilnahme an internationalen Austauschprogrammen.

#### Themen

Die thematischen Schwerpunkte sind insbesondere:

#### Area 1: Mechanics

Die Mechanik spielt eine sehr bedeutende Rolle in der Fahrzeug-



Area 1

entwicklung. Es sind viele offene Fragen die wissenschaftlich gelöst werden müssen, wie Belastungen, Fahrverhalten, Optimierung des Antriebsstranges, Mehrkörperdynamik und lineare und nichtlineare Strukturmechanik. Die Projekte des Area 1 sind auf 3 Arbeitsgebiete (Cluster) aufgeteilt, die im folgenden beschrieben werden:

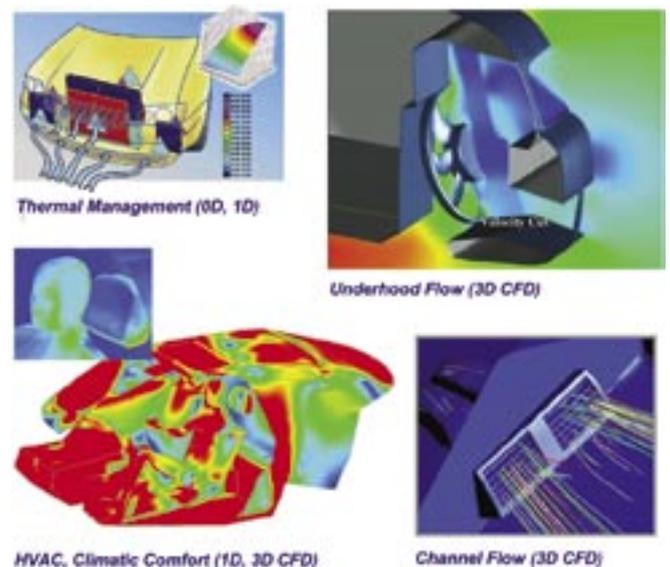
Cluster a: Power Train: Dieses Arbeitsgebiet ist auf die Optimierung von Komponenten und die Interaktion der Komponenten (Antriebsstrang) ausgerichtet. Dabei wird stets darauf geachtet den Wirkungsgrad, Komfort und die Dauerhaltbarkeit zu maximieren.

Cluster b: Structural Mechanics: In diesem Arbeitsgebiet werden verschiedene mechanische Probleme wie Belastungen, Fahrverhalten, Mehrkörpersimulation und lineare und nichtlineare Strukturmechanik behandelt.

Cluster c: Vehicle Safety: Auf der Entwicklung und Verbesserung von numerischen Lösungsverfahren liegt das Hauptgewicht dieses Arbeitsgebietes. Sowohl die Fahrzeugstruktur als auch die verschiedensten Rückhaltesysteme sollen durch Simulation optimiert werden.

#### Area 2: Thermal Management And Fluid Dynamics

Das Area 2 befasst sich mit dem thermischen und dem strömungstechnischen Problemkreis im und um das Automobil. Die Strömungsmodelle werden mit den Temperaturberechnungsmodellen



Area 2

gekoppelt und so einzelne Teilberechnungen zu einem umfassenden thermisch und strömungstechnischen Gesamtmodell zusammengefügt. Unterstützt von Digital Mock Up (DMU) werden 0-, 1- und 3-dimensionale Berechnungsmethoden eingesetzt. Von der Simulation im Verbrennungsraum, über die Berechnung der Wärmeabfuhr durch das Kühlsystem, Anströmung des Fahrzeuges, Wärmetauscher Kühler / Luft, Durchströmung des Motorraumes und Strömungs- und Kühlungsverhältnisse unter dem Fahrzeugboden werden die äußeren Bedingungen ermittelt und die beteiligten Komponenten einer energetischen Optimierung zugeführt.

Die Themen des Area 2 sind in 2 Gruppen (cluster) gegliedert.  
Cluster A) Vehicle Thermal Management  
Cluster B) Automotive Heating, Ventilating and Air Conditioning (HVAC)

*ad Cluster A: Vehicle Thermal Management*

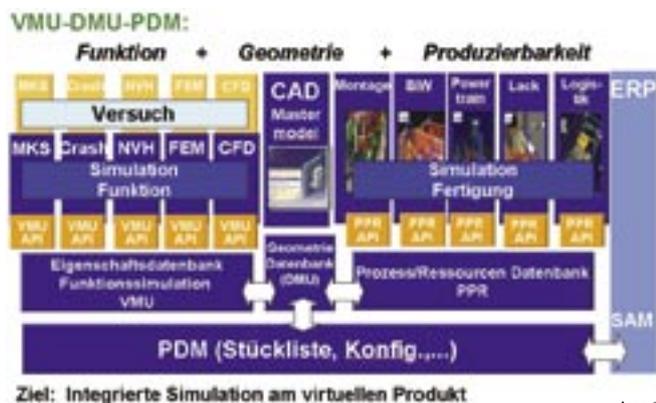
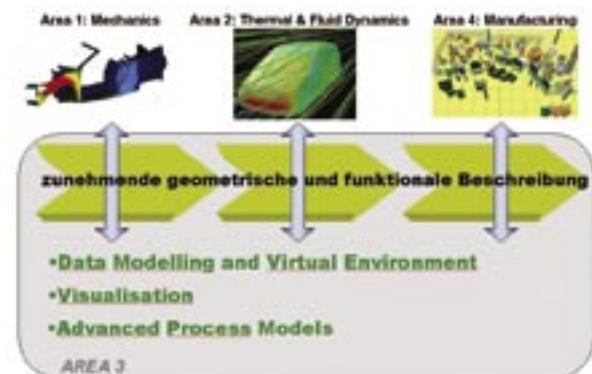
Das thermische Management in Kraftfahrzeugen ist ein Gebiet von wachsendem Interesse in der Produktentwicklung von Kraftfahrzeugen. Die stetig ansteigende Leistung von Motoren, Anforderungen an die Wirtschaftlichkeit, die Komfortanforderungen und die Platzbeschränkungen resultieren in einer enormen Komplexität des thermischen Managements. Die Absicht dieses Clusters ist es eine Simulationsmethode zu entwickeln, die es ermöglicht detaillierte thermische Analysen über das gesamte System, sowohl für stationäre als auch transiente Zustände, zu machen.

*Ad Cluster B: Automotive HVAC*

Kriterien für Gesundheit und Komfort gewinnen an Bedeutung, weil die Auswirkungen auf die Konstitution des Fahrzeuginsassen und der Passagiere von Bedeutung sind. Die Heizung, das Gebläse und die Klimaanlage (HVAC) sollten gewährleisten, dass die Anforderungen selbst unter extremen Umwelteinflüssen erfüllt werden können; insbesondere gute Sichtverhältnisse (zB. Enteisern und Verhindern des Beschlagens der Scheiben) bei sehr tiefen Umgebungstemperaturen und das Abkühlen des Fahrzeuginnenraumes bei hohen Außentemperaturen sollen so rasch als möglich erreicht werden.

*Area 3: Virtual Engineering*

Die virtuelle Entwicklung in der Konstruktion und Produktion von Fahrzeugen verlangt eine umfassende Informationsstruktur, die zusätzliche Informationsmodelle für Produkte, Prozesse, Produktion und



wirtschaftlichen Daten enthält. Die existierende Konstruktionstechnologie unterstützt diesen Prozess mit dem Produktdatenmanagement, das die geometrische Repräsentation der Teile und den Entwicklungsprozess dokumentiert.

Zwei Hauptrichtungen von Aktivitäten werden in diesem Forschungsbereich verfolgt.

- 1.) Die Entwicklung von Meta-Modellen für das Virtuelle Mock Up (VMU) Konzept
- 2.) Verbesserungen des Produktdatenmanagements durch aus-geweitete Geschäftsprozesskonzepte und Entwicklungsabläufe (engineering workflows)

*Area 4: Virtual Manufacturing*

Die virtuelle Fertigung spielt eine vitale Rolle bei der Unterstützung der Arbeitsvorbereitung bezüglich der Verifikation der Machbarkeit des Fertigungsablaufs der Komponenten und bei der



Optimierung der zahlreichen Arbeitsschritte während der Produktion von Automobil- und Eisenbahnkarosserien.

Die Forschungsinhalte im Arbeitsbereich 4 sind

- Überprüfung der Machbarkeit in einer frühen Konzeptphase
- Aufbereitung von Empfehlungen für geometrische Abänderungen um Fertigungsfehler zu vermeiden
- Beschreibung der Veränderung der Eigenschaften der Komponenten verursacht durch den Produktionsprozess
- Unterstützung der Arbeitsvorbereiter und Produktionsplaner um Prozessschritte und -parameter zu finden, die zu den gewünschten Produkteigenschaften und zu wirtschaftlichen Produktionsabläufen führen.
- Schließen der virtuellen Lücke der Unterstützung zwischen Konstruktion, Digitalem Mock Up (DMU), Produktionsplanung, Rapid Prototyping, Fertigung und Komponententests.
- Konstruktion, Simulation, Optimierung und off-line Roboterprogrammierung von flexiblen automatischen Fertigungslinien für Drehgestelle.
- Voll unterstütztes Datenmanagement von der Konstruktion bis zum Start der Produktion
- Kombination der Auswirkungen verschiedenster Fertigungsschritte in der Absicht die Vorhersagegenauigkeit des Verhaltens des fertigen Produktes zu verbessern, wie zum Beispiel das Deformationsvermögen beim Crash oder die Dauerfestigkeit.

**Forschungspartner**

Am Aufbau und der Durchführung des „vif“ sind unter anderem beteiligt:

*Industriefirmen*

- AVL-List GesmbH
- Steyr-Daimler-Puch Fahrzeugtechnik AG und CoKG
- Engineering Centre Steyr
- Siemens SGP Verkehrstechnik GmbH
- OMV Aktiengesellschaft
- Obrist Engineering GmbH
- ACTS GmbH & Co. KG

*Wissenschaftliche Partner*

Technische Universität Graz

- Institut für Fertigungstechnik
- Institut für Werkstoffkunde, Schweißtechnik und Spanlose Formgebungsverfahren
- Institut für Mechanik und Getriebelehre
- Institut für Wärmetechnik
- Institut für Fördertechnik und Logistiksysteme
- Institut für Maschinenelemente und Entwicklungsmethodik
- Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik
- Institut für Thermische Turbomaschinen und Maschinendynamik
- Institut für Wirtschafts- und Betriebswissenschaften
- Institut für Elektrische Messtechnik und Messsignalverarbeitung
- Institut für Maschinelles Sehen und Darstellen
- Institut für Baustatik
- Institut für Elektronik

*Montanuniversität Leoben*

- Institut für Allgemeinen Maschinenbau

Es ist geplant weitere Partner aus der Industrie und dem wissenschaftlichen Sektor in neue Projekte aufzunehmen.

Am viF selbst werden bis zu 50 Personen Beschäftigung finden.

Bildnachweis:

AVL, Magna Steyr, Siemens Verkehrstechnik, TUG

Geschäftsführer: Peter Sengstbratl

Schlögelgasse 9, 8010 Graz, mobil: 0664 405 11 77

## *The Virtual Vehicle*

*Based on a long and fruitful record of mutual research and driven by a clear sense for the field of activity virtual modelling and simulation is and will be the revolutionary vehicle technology in the forthcoming ten years. 13 institutes at Graz University of Technology (TUG), mainly based at the faculty of mechanical engineering, together with the representative outstanding Austrian companies for vehicle engineering, which will be detailed in section 3, have endeavoured to establish a Kplus competence centre called "The virtual vehicle" (viv). The overall goal of the viv-Centre is the application of virtual modelling and simulation as a competitive and innovative method of development for automotive, industrial and rail-vehicles. Styria, especially the Graz area, has developed in the last decade to the main Austrian Centre of vehicle industry. The enterprises involved in this respect form so-called clusters or cooperations of companies, covering both, the automotive sector as well as the railroad vehicle sector.*

*The main issue for the further development in this important industrial branch is the availability to react with the best and newest scientific achievements in time to the market demands. The tool to fulfil these requirements is being clearly recognised as virtual modelling and simulation. While these topics need further development in industry, modelling and simulation is one of the most developed scientific capacities of the institutes of Graz University*

*of Technology, this expertise being warranted by many national and international awards. By concentrating the existent personnel and experimental resources on a number of interdisciplinary key research areas from problems of vehicle industry, a new extremely qualified and powerful research could be created that, compared with the existing single project philosophy of existing cooperations, could boost vehicle design technology and produce scientific insight that would be unachievable on an isolated project basis.*

*The modelling and simulation environment envisioned in this program is intended to cover all four main stages of the vehicle design cycle, i.e. virtual design, where, based on mechanical, thermodynamical and fluid flow aspects the prime physical effects and interrelationships components of a vehicle are developed and/or optimised; virtual engineering, where technological aspects of vehicle components are optimised with a view to the manufacturability and competitiveness; virtual manufacturing, where processing stages and complete production lines as well as the as-fabricated component performance will be optimised; and virtual testing, where the overall behaviour, in particular from the perspective of functionality and safety, is assessed based on the virtual models and/or their coupling with physical devices in a hardware-in-the-loop. The strength of this concept is the permanent availability of the intermediate design results for all versions and variants developed throughout the design history, each single step covering the full spectrum of the whole development process. The virtual development is therefore much faster, more complete and more economic than the real physical development. The involved university institutes are well-prepared for developing and testing such models and simulations based on up-to-date scientific knowledge. The definition of the tasks and the transfer of the models into practical application is a goal where the industry partners can warrant compatibility with long-term society needs. Hence, the establishment of the viv-Centre could help the industry to follow successfully the demands of an worldwide growing market and the university to concentrate basic science approaches on successful industrial application aspects.*



# Kunststofftechnik und Polymerwissenschaften

## Polymer Competence Centre Leoben (PCCL)

Dieses Kplus-Zentrum wurde unter der Federführung der Montanuniversität Leoben (Univ.-Prof. DI Dr. Reinhold W. Lang) gemeinsam mit der Technischen Universität Graz, der Johannes-Kepler-Universität Linz, der JOANNEUM RESEARCH –Forschungsgesellschaft mbH und der Upper Austrian Research GmbH in Zusammenarbeit mit führenden im Kunststoffbereich tätigen Österreichischen Firmen im Rahmen der dritten Ausschreibung für Kplus-Kompetenzzentren des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie (bm:vit) beantragt und nach eingehenden Expertenhearings genehmigt. Das Zentrum wird von Seiten der Öffentlichen Hand neben dem bm:vit auch durch die Steiermärkische und Oberösterreichische Landesregierung sowie durch die Stadt Leoben mit insgesamt 60 % des Gesamtvolumens gefördert. Als Gesamtvolumen wurden etwa 14,4 Mio € für die ersten 4 Jahre genehmigt. Dies bedeutet eine Reduktion von ca. 20 % verglichen mit dem ursprünglichen Antrag. Die Polymer Competence Centre Leoben GmbH wurde am 13.6.2002 in Leoben mit den Gesellschaftern MU Leoben (35 %) TU Graz (17 %) Joanneum Research (17 %) Upper Austrian Research (17 %) Universität Linz (9%) und Stadt Leoben (5%) gegründet. Derzeit finden die abschließenden Vertragsverhandlungen und die Detaillierung der einzelnen Projekte statt.

### Ziele des PCCL

Als die drei wichtigsten Ziele dieses Zentrums sind zu nennen:

- 1) Stärkung und Verbesserung der Infrastruktur für vorwettbewerbliche Forschung in spezifischen zukunftsorientierten Forschungsfeldern der Polymerwissenschaft und -technologie
- 2) Erhöhung der Wettbewerbsfähigkeit der Österreichischen Kunststoffindustrie und verwandter Hochtechnologie-Industrien sowie des damit verbundenen Service Sektors
- 3) Die Etablierung des Zentrums als Langzeitinstitution für vorwettbewerbliche Forschung und Entwicklung in den Bereichen Kunststofftechnik und neue Materialien.

Als Aktivitäten zur Erreichung dieser Ziele sind folgende Aktivitäten angesetzt:

- Aufbau und Festigung langjähriger FuE-Kooperationen mit einschlägigen Unternehmen der Kunststoffwirtschaft und den zugeordneten Dienstleistungseinrichtungen (Technische Büros, Konsulentenbüros, usw.)
- Entwicklung neuer, verbesserter Technologien für die Herstellung und Anwendung von Kunststoffen sowie für eine neue Generation von Kunststoffprodukten für die Schlüsseltechnologien der Zukunft (Bauen und Mobilität, Informationstechnologie, Elektronik, Solartechnik, Mikrotechnik, usw.)
- Unterstützung von vor allem klein- und mittelständischer Unternehmen bei der Lösung wissenschaftlich anspruchsvoller, kunststofftechnischer Probleme
- Beitrag zum Schutz der Umwelt und Orientierung von FuE-Tätigkeiten an den Anforderungen für eine nachhaltig zukunftsfähige Entwicklung (Sustainable Development)
- Heranbildung von wissenschaftlich-technischem Personal und eines qualifizierten Führungsnachwuchses

### Partnerstruktur und sozio-ökonomische Bedeutung

Eine Abschätzung der Bedeutung der Kunststoffindustrie für Österreich ergibt sich aus einem Umsatz von etwa 3,6 Milliarden € und über 50000 Beschäftigten mit einem jährlichen Wachstum von ca. 10%.

Die Partnerunternehmen des PCCL kommen sowohl aus der

Großindustrie (ca 50 %), Klein- und Mittelunternehmen (ca 40 %) und Service-Einrichtungen (Ingenieurbüros, ca 10 %). Das PCCL versteht sich dabei als Bindeglied zwischen den einzelnen Unternehmen, insbesondere aber zwischen den Unternehmen und den universitären Forschungsteams.

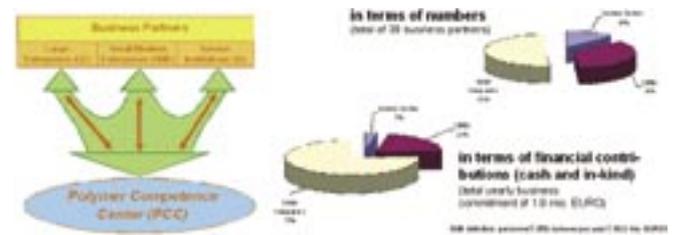


Abb. 1: Das PCCL als Technologie- und Know-How Transferinstitution zwischen unterschiedlichen Betriebssektoren  
Figure 1: The PCC as technology and know-how transfer institution between various business sectors

Das PCCL wird seine Forschungsarbeit entsprechend der jeweiligen Kernkompetenzen auf Standorte verteilen: Leoben (Hauptstandort mit Schwerpunkt Kunststoffverarbeitung, Werkstoffwissenschaft, Prüftechnik, etc.; ca. 65 % des Projektvolumens), Graz (Polymerchemie, grundlagennahe Materialentwicklungen, organische Elektronik; ca 25 % des Projektvolumens) und Wels (Compoundiertechnik, Rheologie; ca. 10 % des Projektvolumens).

Der geförderte Budgetrahmen für das Polymer Competence Centre liegt für die ersten 4 Jahre bei ca. 14,4 Mio €. In Personenjahren werden damit ca. 30 bis 40 Arbeitsstellen von hoher wissenschaftlich-technischer Qualifikation geschaffen, die bevorzugt auch für Diplomarbeiten und Dissertationen auf dem Gebiet der Kunststofftechnik und Polymerwissenschaften vergeben werden.

### Forschungsfelder des PCCL

Dieses Zentrum stellt ein gelungenes Beispiel für die Ausnutzung von Synergien zwischen den beteiligten Forschungs- und Industriepartnern dar und soll den Bedarf von anwendungsnaher Grundlagenforschung bis hin zu neuen Technologieentwicklungen abdecken. Dies spiegelt sich in den drei Forschungsfeldern Performanceorientierte Strukturpolymere (STRUCPOL), Funktionspolymere und Polymeroberflächen (FUNPOL) und Entwicklung von Teilen, Formen und Werkzeugen (DECMOLD) wieder, vgl. Abb. 2.

Sämtliche Forschungstätigkeit widmet sich dabei besonders der Qualitätsoptimierung auf Basis der Beziehung zwischen Mikrostruktur und Eigenschaften in allen Ebenen der Produktentwicklung (siehe Abb. 3, Qualität/Eigenschaften-Pyramide). Daraus ergibt sich auch die unterschiedliche Forschungstiefe bzw. Positionierung der einzelnen Areas innerhalb der einzelnen Entwicklungsebenen.

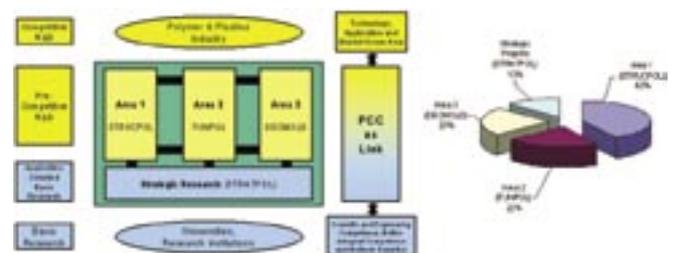


Abb. 2 (Figure 2): links (left): PCC als Bindeglied zwischen akademischer Grundlagenforschung und industrieller Forschung und Produktentwicklung - PCC as link bridging the gap between basic research and competitive R&D  
Rechts (right): Aufteilung der geplanten Projekte auf die Forschungsfelder - Distribution of bilateral research projects and strategic research projects (first 2 years)

Im Forschungsfeld 1 „Strukturpolymere“ (Area1 STRUCTPOL) soll der materialwissenschaftliche Forschungsansatz zu neuen Materialien mit wesentlich verbessertem Eigenschaftsprofilen führen. Die Werkstoffauswahl und Bewertung soll durch neue Wege der Qualitätssicherung wesentlich erleichtert bzw. beschleunigt werden. Spezielle Materialentwicklungen beziehen sich vor allem auf

- neue thermoplastische und elastomere Kunststoffmaterialien (Compounds)
- eine neue Generation von Harzformulierungen für Hochleistungs-Komposite, die modernen Verarbeitungserfordernissen (z.B. flüssiges Harz, Verarbeitung in Spritzgusstechniken), verbesserte Struktureigenschaften, etc. entsprechen.

Um z.B. die mechanischen Eigenschaften bzw. das gesamte Eigenschaftsprofil (Bruchmechanik, Risswachstum, Alterungsbeständigkeit, etc.) zu verbessern, ist ein Zusammenwirken moderner materialwissenschaftlicher Prüfmethoden mit einer chemischen Optimierung der Rohstoffzusammensetzung wie auch der Verarbeitungsmethoden notwendig.

Das Forschungsfeld 2 „Funktionspolymere“ (Area2 STRUCTPOL) entwickelt Materialien für aktuelle und zukünftige Hochtechnologieanwendungen. Zu diesen Bereichen zählen moderne Lichttechnologie, Mikro- und Nanoelektronik, integrierte Leiterplattensysteme, Lichtleiter und photovoltaische Zellen auf Basis organischer Polymere („Kunststoffe“) ebenso wie besonders gasdichte Membranen für Verpackungs- und Versiegelungsmaterialien oder für die Energiespeicherung (Separatormembranen). Lichtinduzierte Oberflächenbehandlungsmethoden werden zur Erzeugung optischer Bauelemente, bioresponsiver Oberflächen und vielschichtiger Folien eingesetzt. Moderne Gummiprodukte mit optimierten physikalischen und biomedizinischen Eigenschaften schließen den breiten Anwendungsbogen, der von bio-medizinischen über physikalisch-materialwissenschaftliche, bis hin zu quantenphysikalisch definierten optoelektronischen Zukunftsproblemen integrierter Mikrosysteme reicht. Dieses Forschungsfeld, das vor allem am Institut für Chemische Technologie organischer Stoffe der TU Graz bearbeitet wird, ist besonders grundlagenorientiert, eröffnet deshalb aber auch die weitreichendsten Zukunftsperspektiven.

Für Forschungsfeld 3 „Formendesign und Modellierung“ (AREA 3 DECMOLD) sind moderne Produktanforderungen wie geringer Rohstoffeinsatz, Langlebigkeit und Ausfallssicherheit (Gewährleistung!), Produktionsgeschwindigkeit und Automatisierbarkeit als treibende Kraft zu erkennen. Die Integration thermodynamischer und rheologischer Materialgesetze führt gemeinsam mit hoch entwickelten Simulationsmethoden zu einer wesentlich rascheren und sichereren Produktentwicklung bzw. Produktoptimierung, wobei in diesem Forschungsfeld insbesondere die Optimierung der Verarbeitungs- und Prüftechniken und somit das Produkt-Design im Vordergrund steht.

Der Beitrag der Technischen Universität Graz konzentriert sich vor allem auf den Forschungsbereich der AREA2 „Funktionspolymere“ und die Modifizierung von Polymeroberflächen. Die Entwicklung neuer Kunststoffe für hochspezialisierte Anwendungen wie z.B. Kunststoff-Chips und extrem leichte und billige photovoltaische Zellen, flexible Displays und integrierte (opto-)elektronische Leiterplatten, Folien höchster Dichtigkeit oder Membranen mit speziellen Trenneigenschaften werden hier in den Grundlagen erforscht. Hier kann bereits auf ein langjähriges Know-How zurückgegriffen werden. Bis zur Produktrealisierung sind oftmals völlig neue

Verarbeitungstechniken notwendig. Dies soll mit Hilfe der Partner im Kompetenzzentrum zu neuen Prototypen führen, die in der Folge von den beteiligten Firmen in marktfähige Produkte umgesetzt werden sollen.

Durch die enge Vernetzung aller drei Forschungsfelder ergibt sich in diesem Kompetenzzentrum eine auch im internationalen Vergleich bemerkenswerte Konzentration an Know-How und Forschungskraft, die den Bereich „Kunststoff“ von seiner Wiege (Entwicklung neuer Materialien mit neuen Eigenschaften) über die Produktionstechnik (Verfahrens- und Produktentwicklung) bis hin zu Qualitätssicherung und Produktdesign mit anerkannten Forschungsgruppen höchster Qualität überspannt. Die bereits jetzt sehr gut funktionierende Zusammenarbeit zwischen den Universitäten untereinander und ebenso mit ausseruniversitären Forschungseinrichtungen wie einigen Instituten von Joanneum Research wird durch dieses Zentrum noch wesentlich verstärkt und könnte so zu einem Nucleus für einen Forschungscluster in Polymerwissenschaften werden.

Weitere Synergien in der Steiermärkischen Forschungslandschaft, insbesondere aber an der TU Graz ergeben sich aus der Kooperation mit den anderen z.T ebenfalls im Aufbau befindlichen Kplus-Zentren Angewandte Biokatalyse (Produktion und Abbau von Biopolymeren; biokompatible Polymeroberflächen), Virtuelles Fahrzeug (Materialentwicklung) und Nachhaltige Energiesysteme (Energierecycling).

### Polymer Competence Centre Leoben

Within the framework of the third call for proposals of Kplus Competence Centres of the “Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (BM:VIT), Austria” the University of Leoben together with the Graz University of Technology, the Johannes Kepler University Linz and JOANNEUM RESEARCH and Upper Austrian Research successfully applied for a “Centre of Competence in Polymer Engineering and Science“ (in short: Polymer Competence Centre (PCC)). The carrying society was founded recently with the sleeping partners being University Leoben (35 %), Graz University of Technology (17 %), Joanneum Research GmbH (17 %), Upper Austrian Research GmbH (17 %), University of Linz (9%), and City of Leoben (5%) . The total budget for the first 4 years is ca. 14.4 Mio € (60 % public funding, 40 % contribution coming from >30 industrial partners). Responsibility for the PCCL will be assumed by the Polymer Competence Centre Leoben GmbH that will start its activities with the 1st of July 2002. Prof. Dr. mont. Reinhold W. Lang has been nominated as the interimistic General Manager.

The PCCL will combine the scientific and industrial strengths of

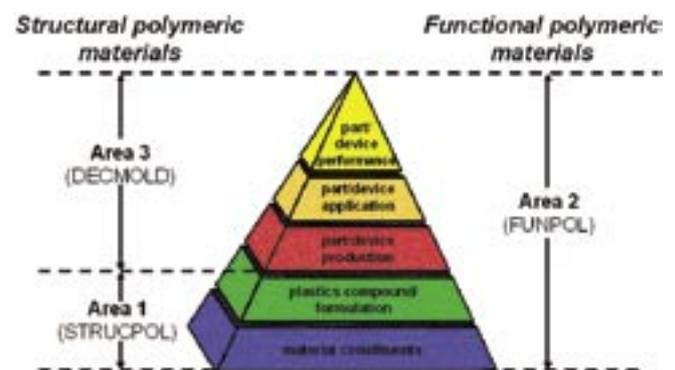


Abb. 3 (Figure 3)

Styria and Upper Austria in the field of polymer engineering and science. The Centre will be organized with work forces at three sites, namely Leoben (main site), Graz and Wels. About 30 to 40 jobs of a high scientific-technical qualification will have to be recruited.

An important aspect of all research activities of the Centre will be a strong orientation on the performance and functionality of polymer products in service. As with other materials, final product performance and functionality not only depend on the nature and type of the polymeric material used, but also on many other factors related to product design, processing and alike. Hence, the Centre will perform application related pre-competitive research in the following 3 Areas:

Area 1: Performance Defined Structural Polymeric Materials (STRUCPOL)

Area 2: Functional Polymeric Materials and Polymer Surfaces (FUNPOL)

Area 3: Development of Components, Molds and Dies (DECMOLD)

In addition, the Centre will perform strategic research on a more fundamental level which will amount to about 12 to 15 % of the Centre's project activities in the first 4 years.

By incorporating and combining the scientific, engineering and methodological competence of leading Austrian polymer research institutions on the one hand, and the technology, application and market-development expertise of the polymer industry and service sector on the other, the Centre will act as a link that interconnects the science based approach of existing research institutions with the applied research and product development approach of the polymer industry (see Figs 1 and 2).

The Areas of Research reflect some of the general trends in the field of polymer technology :

Area 1 (STRUCPOL): Adopting a materials science approach to performance defined structural polymeric materials will lead to the development of new materials with tailored and improved property profiles, and to more efficient material selection and qualification procedures. Special material developments will include:

- novel thermoplastics and elastomeric compounds,
- a new generation of resin formulations for advanced composites that fulfill modern processing requirements (e.g., liquid resin, resin injection and resin transfer molding) and enhanced structural requirements.

To achieve significant property profile improvements, the available expertise in resin chemistry will be combined with advanced materials science to optimize and characterize resin formulations in terms of their resistance against crack propagation as well as other property requirements.

Area 2 (FUNPOL): In the case of functional polymeric materials and polymer surfaces, a new quality of R&D due to the involvement and cooperation of major research institutions and interested industry partners will be achieved. Examples of product development that will be supported by the research activities of the Centre are fully organic thin-film photovoltaic (PV) elements, light emitting diodes (LEDs, inorganic and organic based). Due to their increased sensitivity towards oxygen and moisture compared to Si based solar cells, new encapsulating materials with improved barrier properties are needed. Other products under investigation are integrated printed circuit boards, membranes for various purposes and packaging materials with high oxygen and moisture barriers.

Area 3 (DECMOLD):

The integration of rheological and thermodynamic material laws that better reflect the true material behavior under the relevant processing conditions together with the application of modern concepts of fracture mechanics to part and component design will lead to much improved simulation models for the design of dies and molds, and of plastics and composite products. This will not only decrease development times (time-to-market) but also significantly enhance structural safety by reducing the probability of product failure.

The contribution of Graz University of Technology concentrates on Area 2 "Functional Polymers" and will cover about 25 % of the total volume of PCCL. Based on its expertise in polymer chemistry most of the work will be done at the Institute for Chemistry and Technology of Organic Materials. Together with the industrial partners and partners from other scientific institutions polymeric materials for future high tech applications will be developed that often need development and implementation of new techniques and shall lead to new prototypes of products. Synergies from cooperation with other Centres of Excellence (e.g. Applied Biocatalysis, Virtual Vehicle) are expected.



## Neuartige Funktionalisierte Materialien *Advanced Functional Materials*

Das am 1.1. 2002 mit dem Industriepartner AT&S gegründete Christian Doppler Laboratorium Advanced Functional Materials beschäftigt sich in Zusammenarbeit mit AT&S sowie nationalen und internationalen Partnern mit der Entwicklung und Charakterisierung von funktionalisierten organischen Materialien für den Einsatz in gedruckten elektronischen und optischen Bauelementen. Die einfache Verarbeitbarkeit dieser Materialien mittels verschiedener Drucktechnologien, ihr geringes Gewicht und die vergleichsweise geringen Herstellungskosten ermöglichen die Realisierung von gedruckten elektronischen Bauelementen und Schaltungen und deren Integration in Leiterplatten. Ein Ziel ist es, neuartige Leiterplatten mit speziellen Funktionen zu realisieren.

Am 12. Oktober 2001 wurde in der Kuratoriumssitzung der Christian-Doppler-Gesellschaft das Christian-Doppler-Laboratorium für Advanced Functional Materials (Neuartige Funktionalisierte Materialien) genehmigt, welches mit Beginn dieses Jahres den operativen Betrieb aufgenommen hat. Das soeben gegründete CD-Labor reiht sich damit in eine Reihe von Österreichweit mittlerweile 24 und TUG-weit 6 CD-Laboratorien ein. Trotz der großen Bandbreite an wissenschaftlichen Themen, die in den verschiedenen CD-Laboratorien bearbeitet werden - von Zellstoffverarbeitung bis zur Kraftfahrzeugmesstechnik -, weisen alle eine Gemeinsamkeit auf; sie stellen eine wichtige Schnittstelle zwischen universitärer Grundlagenforschung und anwendungsorientierter industrienahe Forschung und Entwicklung dar, wodurch es möglich wird Erkenntnisse der Grundlagenforschung für die Wirtschaft zugänglich und nutzbar zu machen.

Um das wissenschaftlich und wirtschaftlich relevante Thema der Neuartigen Funktionalisierten Materialien zu behandeln, ist es im Rahmen des soeben gegründeten Labors gelungen, drei attraktive steirische Institutionen als Partner zu gewinnen.

Die Trägerorganisation ist das Institut für Festkörperphysik der Technischen Universität Graz in Kooperation mit dem Institut für Nanostrukturierte Materialien und Photonik der steirischen Forschungsgesellschaft JOANNEUM RESEARCH, wohingegen die Austria Technologie & Systemtechnik AG (AT&S) als Industriepartner fungiert. Geleitet wird das CD-Labor von Dr. Emil J.W. List.

Durch den Zusammenschluss einer universitären und einer außeruniversitären Forschungseinrichtung als Betreiber eines CD-Labors ist es gelungen, ein sehr attraktives interdisziplinäres Umfeld zu schaffen, in welchem erfahrene Mitarbeiter, vorhandenes Grundlagenwissen und erstklassige experimentelle Ausstattung für die notwendige Grundlagenforschung und Technologieentwicklung vereint sind und in dem auch 7-9 junge Wissenschaftler/innen im Rahmen von Diplomarbeiten und Dissertationen ein einzigartiges Betätigungsfeld finden.

### AT&S AG

Im Zentrum der Aufmerksamkeit des CD-Labors steht jedoch der Industriepartner AT&S. Der AT&S - Konzern ist der größte und technologisch führende Leiterplattenhersteller Europas. Leiterplatten sind jene hochkomplexen Bauteile, die sich zum Beispiel als Herzstück im Inneren von Mobiltelefonen, Organizern und Handhelds finden. Bereits jetzt ist nahezu jedes vierte Handy in Europa mit einer Leiterplatte von AT&S ausgestattet. Und die technologische Entwicklung bewegt sich rasant vorwärts.

AT&S steht im internationalen Vergleich an der Spitze, was die Umsetzung neuer Technologien betrifft. Im Jahr 2000 wurde am Stammsitz in Leoben das modernste Leiterplattenwerk Europas in Betrieb genommen. Auch die anderen Standorte (Fehring, Indien)

werden zur Zeit für den Einsatz modernster Technologie ausgebaut. In Shanghai entsteht ein neuer Standort der Ende 2002 den Produktionsbetrieb aufnehmen wird.

Das strategische Ziel der Forschungs- und Technologieaktivitäten von AT&S in Zusammenarbeit mit verschiedenen Forschungsinstitutionen weltweit ist die Festigung der internationalen Position als renommierter, kompetenter Technologietreiber, der in seinem Technologiesegment exzellente Forschungsleistungen generiert und damit die Basis für technologische Spitzenprodukte zu konkurrenzfähigen Marktpreisen schafft.

Zu den drei Grundsäulen des CD-Labors ist es weiters gelungen, nationale und internationale renommierte Expertengruppen in die Forschungs- und Entwicklungsarbeit von funktionalisierten Materialien einzubinden. Im Mittelpunkt zukünftiger technologischer Entwicklungen in Bereichen der Elektronikindustrie steht die Entwicklung von neuen Fertigungs- und Produktionstechnologien. Deren Ziel ist die kostengünstige und zuverlässige Integration und



Abb. 1 (Figure 1): AT&S Leiterplatte (Produktionsprozess)

Miniarisierung von passiven und aktiven elektronischen sowie optoelektronischen Bauelementen über die Einbettung in Leiterplatten.

### Direct Write Technologies

Als besonders leistungsfähig für die Umsetzung dieser Vorhaben haben sich so genannte „Direct Write Technologies“ herausgestellt. Direct Write Technologies wie z.B. Ink-Jet Printing oder Matrix Assisted Pulsed Laser Evaporation erlauben die direkte Fabrikation von elektronischen Bauelementen ohne Zuhilfenahme von Masken oder Fotostrukturierungsprozessen. Durch die Zuhilfenahme dieser neuen Technologien gelingt es einerseits die Gesamtprozesskosten bei der Herstellung von elektronischen Applikationen zu senken, weil Produktionsschritte wie das Bestücken und Einlöten von Bauelementen entfallen, da die Bauelemente direkt durch Drucken aufgebracht werden. Weiters kommt es auch zu einer drastischen Reduktion der benötigten Material-Ressourcen im Sinne des „Sustainability Concepts“.

Im Labormaßstab ist es bereits gelungen, einige der in der Elektronik gebräuchlichen elektronischen Bauelemente (Feld-Effekt Transistoren, Licht-emittierende Dioden, Widerstände...) vollständig oder zumindest teilweise mittels Direct Write Technologies zu realisieren.

### Funktionalisierte Materialien

Um Bauelemente, wie Widerstände, Kapazitäten oder Transisto-

ren, mittels verschiedener Direct Write Technologies (z.B. Ink-Jet Printing) realisieren zu können ist es in erster Linie notwendig, die Materialien bezüglich ihrer physikalischen Eigenschaften und Verarbeitbarkeit Maß zu schneiden, d.h. diese zu funktionalisieren.

Für den Einsatz in elektronischen Bauelementen werden in Rahmen der Forschungs- und Entwicklungsarbeiten des CD-Labors die verschiedensten leitenden, halbleitenden, isolierenden, magnetischen und Licht emittierenden anorganischen und organischen Pigmente und Nanopartikel sowie neuartige leitfähige bzw. elektroaktive Kunststoffe (Polymere) verwendet.

Damit diese Materialien die entsprechenden Funktionen in gedruckten elektronischen Bauelementen erfüllen können, müssen

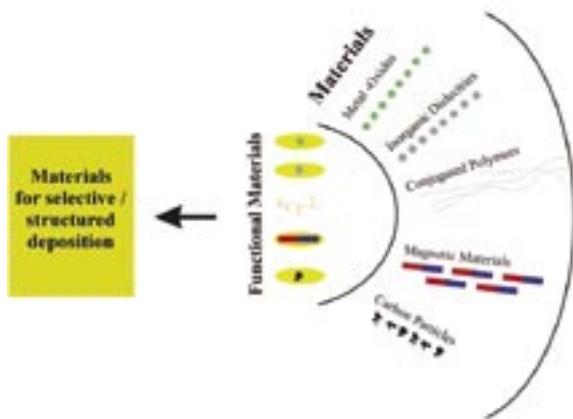


Abb. 2 (Figure 2): Schematisches Bild zur Funktionalisierung von Materialien

sie nicht nur die entsprechende maßgeschneiderte physikalische Eigenschaft haben, d.h. elektrisch leitend, halbleitend oder isolierend sein, sondern auch in Form einer „elektronischen Tinte“ vorliegen, damit sie druckbar sind.

Bei der Entwicklung neuer Materialien kommen daher zwei wesentliche Aspekte der Funktionalisierung zum Tragen: Zum ersten die Funktionalisierung von zum Teil schlecht oder unlöslichen Materialien um diese mittels diverser Drucktechnologien verarbeitbar zu machen sowie zum zweiten die gezielte Funktionalisierung zur Verbesserung bzw. Veränderung der physikalischen Eigenschaften der Materialien.

In beiden Fällen der Funktionalisierung bedient man sich im ersten Schritt verschiedener physikalischer, chemischer, und diverser synthetischer und nanotechnologischer Methoden, wobei die chemischen Modifikationen sowie die Modifikationen durch Synthese in enger Zusammenarbeit mit verschiedensten Kooperationspartnern aus dem Bereich der Chemie durchgeführt werden.

Das Hauptaugenmerk der Forschungs- und Entwicklungsarbeit des CD-Labors liegt auf dem Zusammenspiel der physikalischen Charakterisierung der verschiedenen funktionalisierten Materialien, der Anpassung der Materialien an die verschiedenen Druckprozesse und der anschließenden Fabrikation und Charakterisierung von Bauelementen. Bei der Charakterisierung der verwendeten Materialien, bei der die Hauptaufgabe darin besteht die physikalischen Eigenschaften wie z.B. Teilchengröße, Form, Leitfähigkeit oder die Morphologie der Materialien im Festkörperform zu bestimmen, werden die verschiedensten spektroskopischen mikroskopischen, rheologischen und elektrischen Messtechniken und Messmethoden verwendet. Bei vielen Fragestellungen kommen auch Rastersondenmikroskopie und Elektronenmikroskopie sowie leistungsfähige, optische Mikroskopie zum Einsatz.

### Leitfähige und elektroaktive konjugierte Materialien

Weitere Aspekte der Grundlagenforschung des CD-Labors sind die Untersuchung von konjugierten leitfähigen, sowie elektroaktiven Molekülen und Polymeren, das Design, die Fabrikation und die Charakterisierung von druckbaren, organischen, elektronischen und optoelektronischen Bauelementen wie organischen Licht-emittierenden Dioden, Sensoren und Polymer Laser Strukturen.

Die einfachen und daher kostengünstigen Verarbeitungstechniken bieten bereits jetzt interessante Möglichkeiten für industrielle Anwendungen dieser Materialien, welche eine große Bandbreite der geforderten Eigenschaften aufweisen. Dünne homogene Schichten von kleinen Molekülen und Oligomeren können durch Aufdampfen in Vakuumanlagen hergestellt werden. Sind die verwendeten Moleküle löslich, was durch das chemische Anfügen von Seitenketten erreicht wird, so können sie aus Lösungen verarbeitet werden. Dies kann durch Aufschleudern (spincoaten) - für sehr dünne Schichtdicken -, oder durch die Doctor's Blade Technik zur Herstellung von sehr großflächigen und homogenen Filmen erfolgen.

Die meisten löslichen Materialien können auch in Form einer Tinte verarbeitet werden und sind damit prinzipiell für verschiedene Drucktechniken verwendbar.

Um die Anwendbarkeit von konjugierten Polymeren speziell für Aufgaben in gedruckten Bauelementen weiter zu verbessern, ist es notwendig, einige Eigenschaften dieser Materialien zu optimieren, da auch diese Klasse von Materialien, obwohl im Prinzip löslich, speziell auf den Herstellungsprozess abgestimmt werden muss. Dafür ist es notwendig in enger Kooperation mit Partnern in der Chemie durch geeignete chemische Synthesen Materialien und Materialkombinationen dem jeweiligen Verwendungszweck anzupassen.

### Nanotechnologie

Ein Großteil der Eigenschaften organischer Materialien, wie Ladungstransport und Effizienz der Lichtausbeute bei optischen Bauelementen werden unter anderem durch die Anordnung der Moleküle im Festkörper, sowie durch die daraus entstehenden Wechselwirkungen bestimmt, das heißt durch die Ordnung der Moleküle in der Dimension ihrer Größe, der Nanometer Skala.

Besonderes Augenmerk bei der zukünftigen Forschung wird daher auf das Wachstum sowie auf Struktur- und Eigenschaftsoptimierung gedruckter Schichten organischer Materialien auf verschiedenen Substraten gelegt werden. Dabei sollen durch Funktionalisierung modifizierte Materialien sowie Materialkombinationen spezielle Ordnungs- und Selbstorganisationseffekte im Nanometerbereich ausführen (Bottom Up Prinzip) um die gewünschten Eigenschaften zu erzielen. So sollen z.B. der Ladungstransport, die Exzitonenbildung (z.B. in organischen Quantumwell-Strukturen) und die Emissionsquantenausbeute optimiert werden. Diese Arbeiten stellen die Grundlagen zur Realisierung von neuen, verbesserten optischen und elektronischen Strukturen und Bauelementen dar. Im Rahmen dieser Arbeit werden derartige funktionalisierte Materialien nicht nur entwickelt und charakterisiert sondern es

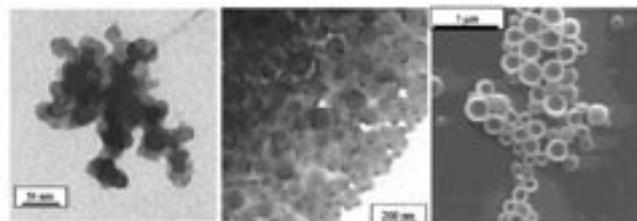


Abb. 3 (Fig. 3): Transmissionselektronenmikroskopaufnahmen von verschieden funktionalisierten Nano-partikeln. (a) zeigt ein leitfähiges Material, (b) ein magnetisches Material und (c) eingekapselte Flüssigkeiten.

werden auch Konzepte für den Einsatz dieser Materialien in neuartigen elektronischen und optischen Bauelementen getestet.

Abschließend sei bemerkt, dass die relativ einfache Anpassung von organischen Materialien durch Funktionalisierung, die einfache Verarbeitbarkeit mittels verschiedener Drucktechnologien, ihr geringes Gewicht und die vergleichsweise geringen Herstellungskosten in Zukunft die großtechnische Realisierung von gedruckten elektronischen Bauelementen und Schaltungen sowie die Integration von Bauelementen in Leiterplatten ermöglichen werden.

In Rahmen des CD-Labors werden daher in Zukunft in enger Kooperation mit dem Industriepartner AT&S sowie nationalen und internationalen Partnern im Wechselspiel zwischen Grundlagenforschung und Technologieentwicklung unter Zuhilfenahme verschiedener physikalischer, chemischer und nanotechnologischer Methoden neuartige funktionalisierte Materialien entwickelt und charakterisiert sowie deren Einsatz in elektronischen und optischen Bauelementen getestet.

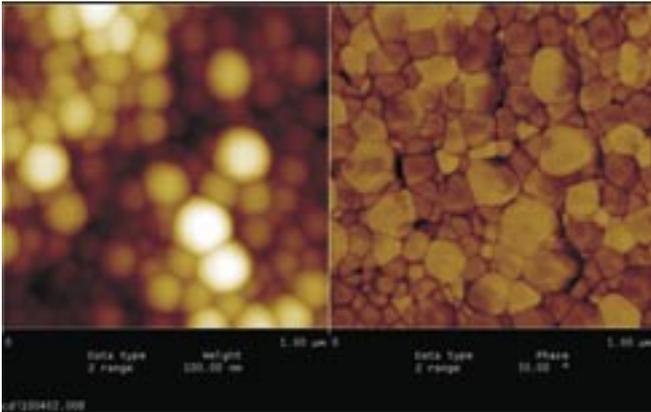


Abb. 4 (Figure 4): Rasterkraftmikroskopaufnahmen einer Nanopartikelschicht

### Advanced Functional Materials

The CD-Laboratory Advanced Functional Materials, which was founded with the industrial partner AT&S in January 2002, is working on printable electronic devices. To print active and passive electronic devices novel conducting and electroactive polymers and inorganic as well as organic pigments and nanoparticles are tailored for their physical properties and their processability – i.e. these materials are functionalized using a variety of physical, chemical and nanotechnological methods.

#### Printed electronics:

Although microelectronics develops at a tremendous speed, the way of mounting electronic devices such as resistors and transistors on printed circuit boards (PCBs) by soldering has not changed within the last decades.

The Christian-Doppler Laboratory (CDL) for Advanced Functional Materials, which was founded at the beginning of 2002 is dedicated to explore new ways in integrating these devices into PCBs. In cooperation with the industrial partner, the Austria Technologie & Systemtechnik AG (AT&S), new materials and technologies will be developed, which allow direct printing of such components onto circuit boards. This approach will lead to smaller, lighter and finally also cheaper electronic devices.

Like the other Christian-Doppler Laboratories in Austria, the CDL for Advanced Functional Materials is an important interface

between basic research performed at universities and industrial application-oriented research.

#### Cooperation of AT&S, TUG and JOANNEUM RESEARCH:

The Laboratory, which is headed by Dr. Emil List is situated at the Institute of Solid State Physics at Graz University of Technology and the Institute of Nanostructured Materials and Photonics of JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH, in Weiz. The industrial partner is the AT&S AG. AT&S is the largest and technologically most advanced manufacturer of printed circuit boards in Europe. Printed circuit boards are highly complex components which, for example, form the core of mobile telephones. Almost every fourth mobile phone in Europe is already fitted with a printed circuit board produced by AT&S, and the technological development is rapidly moving forward. In addition we cooperate with a number of internationally renowned research groups.

By uniting an academic (TUG) and a non-academic partner (JOANNEUM RESEARCH) as carriers of a CD-Laboratory, a very attractive multidisciplinary environment has been achieved. It combines skilled, experienced employees and first class experimental equipment offering great opportunities for young scientists for e.g. PhD. or diploma thesis.

Functional materials are in the focus of our strongly increasing interest. These materials will allow totally new fabrication technologies, integration and miniaturization of passive (resistors, capacitors) and active (transistors) electronic components by embedding them into printed circuit boards.

#### Ink-jet printed resistors and capacitors:

Direct-write technologies are of increasing importance in materials processing, enabling, for example, novel electronic/optoelectronic circuit solutions and product types, the manufacturing of high-tech printed circuit boards with improved performance, and high reliability at reduced costs. In a direct-write approach, structures are built directly without the use of masks, allowing rapid prototyping and novel low cost fabrication techniques whereby respecting the concept of minimal consumption of energy and resources (sustainability concept). As materials and processing challenges are being met with increasing success, direct-write techniques move toward a wide range of applications. As it has been shown recently it is possible to fabricate components ranging from passive electronic components to all plastic integrated circuits and display applications exploiting techniques such as ink-jet printing. However, the revolutionary approach of printable plastic logic elements seems to be only the beginning of a new era of fabrication techniques for a wide range of applications. Due to the high potential of such direct writing methods, now there is a quest for the development of new classes of materials which combine the potential of processability with certain physical characteristics, such as tailored optical, electronic, mechanical, photonic, and magnetic properties.

#### Basic research meets application:

Working at the interface between chemistry, materials science and electronics we consider it as one of our main tasks to build up a fundamental basic knowledge and know-how in this field and harness it for industrial applications. Using a variety of physical, chemical and nanotechnological methods we are developing and characterizing advanced functional materials and test their applicability in electronic devices. The ease of processing by different printing technologies, their lightness and the comparably low costs of these new materials are outstanding properties which make them suitable for mass production and a challenge for the conventional technology.



# Brennstoffzellensysteme und Wasserstofftechnik

## *Fuel Cell and Hydrogen Systems*

Die Forschungsarbeiten im Bereich von innovativen Brennstoffzellensystemen und Verfahren zur Erzeugung von Wasserstoff werden in dem am 01. Oktober 2001 unter der Leitung von Dipl.-Ing. Dr.techn. Viktor Hacker gegründeten Forschungslabor des Instituts für Chemische Technologie anorganischer Stoffe durchgeführt. Die Arbeiten werden durch die Christian-Doppler-Gesellschaft (CDG) gefördert. Die Forschungs- und Entwicklungsschwerpunkte sind die effiziente und umweltfreundliche Erzeugung von Wasserstoff durch ein neu entwickeltes Verfahren und Forschungsarbeiten im Bereich Niedertemperaturbrennstoffzellen für die mobile Anwendung. Am Forschungsprojekt sind gegenwärtig vier Doktoranden aus den Studienrichtungen Chemie, Technische Physik, Maschinenbau und Verfahrenstechnik sowie zwei Post-Docs beschäftigt. Die Industriepartner für die zwei Forschungsschwerpunkte (Module) sind AVL List GmbH, OMV AG und VOEST ALPINE Linz GmbH.

### Die Brennstoffzelle als zukünftiger Stromerzeuger für die mobile Anwendung

Die Anforderungen an die Brennstoffzelle als Stromerzeuger ergeben sich aus dem Leitgedanken der Nachhaltigkeit für zukünftige Energiesysteme und umfassen sowohl in stationären als auch in mobilen Einsatzbereichen Umweltverträglichkeit, hohe Effizienz der Stromerzeugung, Verbrauchernutzen, Wartungsaufwand und den Einsatz von erneuerbaren Energieträgern. Brennstoffzellen erfüllen diese Anforderungen, da die chemische Energie des Brennstoffes direkt und ohne Umwege über thermische und mechanische Energie in elektrische Energie umgesetzt wird. Obwohl Brennstoffzellensysteme gegenwärtig wirtschaftlich noch nicht konkurrenzfähig sind, wird die Brennstoffzelle aufgrund der schnellen Entwicklung der volumen- und massenspezifischen Leistungsdichten der Zellstapel und der damit verbundenen Materialeinsparungen sowie der Vereinfachung der Gesamtsysteme bereits in den kommenden Jahren eine konkurrenzfähige Alternative zu herkömmlichen Energietechnologien darstellen.

Die Komplexität des Brennstoffzellensystems in der Fahrzeuganwendung, bestehend aus dem Brennstoffzellenstapel, den Brennstoffverarbeitungs-komponenten, den Hilfskomponenten und den Subsystemen zur Luftzufuhr, dem Temperaturmanagement, der Wasserrückgewinnung- und Aufbereitung, Ventilation, sowie Systemsteuerung und Diagnose, wird im wesentlichen durch die Wahl des Brennstoffes bestimmt. Die erste Wahl für den stationären Einsatz von Brennstoffzellen wird kurz- bis mittelfristig Erdgas sein. Für die mobile Anwendung von Brennstoffzellen in Fahrzeugen wurde die Wahl noch nicht getroffen: der Großteil der Prototypen wird gegenwärtig mit komprimiertem Wasserstoff betrieben, jedoch kommt ebenso Methanol und in geringerem Ausmaß, vor allem in den USA, Benzin zum Einsatz. Aus Methanol (bzw. Benzin) wird dabei in einem Reformier Wasserstoff gewonnen. Dies führt jedoch zu unerwünschten Emissionen durch den Reformier, welche in Zukunft durch den Einsatz von Direkt-Methanol-Brennstoffzellen vermieden werden können.

Neben dem Einsatz der Brennstoffzelle als Stromerzeugungsaggregat für den Fahrzeugantrieb wird aber auch die Verwendung von Brennstoffzellen als APU (Auxiliary Power Unit) untersucht. Dies würde den Ersatz des vom Motor angetriebenen Generators zur Folge haben, da die Stromerzeugung gerade im Teillastbereich des Motors mit äußerst niedrigem Wirkungsgrad erfolgt. Aus der Wahl der Brennstoffzelle ergeben sich aber auch für die APU direkt die Anforderungen an den Brennstoff. Interessant erscheint in diesem Zusammenhang der Einsatz von Direkt-Methanol-Brennstoffzelle als Zelle mit einem flüssigen, leicht transportierbaren Treibstoff oder der Einsatz von Hochtemperaturbrennstoffzellen aufgrund der Möglichkeit der internen Reformierung von Treibstoff in der Zelle. Weitere Anwendungen für APUs ergeben sich in Bussen, Lastkraftwagen, Lokomotiven, Flugzeugen und Schiffen. Eine Option des Einsatzes von Brennstoffzellen als zukünftiges hocheffizientes Antriebsaggregat von Fahrzeugen ergibt sich durch den Einsatz als „Mild Hybrid Vehicles (MHV)“. MHV basieren auf zwei unterschiedlichen Antriebsaggregaten, wobei jedoch die zweite Antriebsquelle das Fahrzeug nicht alleine fortbewegen kann. Zusätzlich zum Transportsektor hat die DMFC (Direct Methanol Fuel Cell) auch ein breites Anwendungsspektrum in tragbaren Anwendungen.

### Das Modul Brennstoffzellensysteme

Die Forschungsarbeiten konzentrieren sich auf die Direkt-Methanol-Brennstoffzelle (DMFC). Die DMFC setzt an der Anode flüssiges oder dampfförmiges Methanol um und ist damit die einzige Brennstoffzelle die einen flüssigen Brennstoff ohne Reformier umsetzen kann. Die DMFC kombiniert die Vorteile der Wasserstoff-Brennstoffzellen (hoher elektrischer Wirkungsgrad und minimale Emissionen) und die des flüssigen und daher leicht transportierbaren Energieträgers Methanol. In der DMFC wird Methanol mit Hilfe des Katalysators, zumeist einer Mischung aus Platin und Ruthenium, zu Protonen (H<sup>+</sup>-Ionen), Elektronen (e<sup>-</sup>) und Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) aufgespalten. Während die Protonen durch den Elektrolyten zur Kathodenseite gelangen, werden die Elektronen durch die Elektroden-schichten abgegeben und über einen elektrischen Verbraucher zur Kathode geleitet. Dort erfolgt ebenfalls katalysiert und unter Aufnahme der Elektronen die Rekombination von Protonen und Sauerstoff zu Wasser. Als Elektrolyt zum Protonentransport wird eine Polymermembran eingesetzt. Diese Membranen sind methanoldurchlässig und es kommt zum so genannten „Methanol-Crossover“, das zu Spannungsverlusten in der Zelle und in Folge zu einer Reduktion des elektrischen Wirkungsgrades und zusätzlich zu einer deutlichen Steigerung der Emissionen führt. Auch eine höhere Betriebstemperatur zur Vermeidung der Vergiftung des Katalysators wäre wünschenswert, doch die wasserhaltige Membran trocknet bei höheren Temperaturen aus und es kommt zu einer drastischen Abnahme der Leitfähigkeit. Dieses Forschungsprojekt konzentriert sich auf die Erprobung neuer innovativer Zelldesigns, wobei der Ersatz der Membranen durch einen zirkulierenden flüssigen Elektrolyten, bzw. die Kombination von flüssigen und festen Elektrolyten untersucht wird. Im Labor werden einzelne Zellen sowohl mit kommerziell erhältlichen, als auch mit selbst gefertigten Elektroden getestet. Die

Elektroden werden aufbauend auf dem Know-How der Fertigung von alkalischen Elektroden am Institut für Chemische Technologie anorganischer Stoffe hergestellt. Die Charakterisierung der Elektroden erfolgt in Testzellen. Nach der Evaluierung der Leistungsfähigkeit der Einzelelektroden ist der Bau eines Zellstapels geplant. Für den Test von Brennstoffzellenstapeln steht ein in einem Vorprojekt in Zusammenarbeit mit AVL List entwickelter Teststand zur Verfügung. Aufbauend auf den Laboruntersuchungen wird der Protonen-, Wasser-, und Methanoltransport im Elektrolyten modelliert und die optimalen Betriebsparameter für die DMFC in Abhängigkeit des Betriebsdruckes, der Betriebstemperatur und des Elektrolyten



Reformer Sponge Iron Cycle test stand

bestimmt. Für die Optimierung der Einzelkomponenten des Gesamtsystems werden die Energie- und Massenströme modelliert.

#### Wasserstoff als Treibstoff der Zukunft

Für die Reduzierung der Emissionen in Kraftwerken und in Fahrzeugen bieten sich kurz- bis mittelfristig zwei Optionen an. Erstens, die weitere Optimierung der schon seit hundert Jahren entwickelten Verbrennungskraftmaschine und zweitens die Nutzung ähnlicher, aber wesentlich umweltfreundlicher Brennstoffe wie zum Beispiel Rapsöl, Erdgas oder, wie schon diskutiert, Methanol.

Mittel- bis langfristig wird die Umstellung auf Wasserstoff zu einem universell einsetzbaren und emissionsfreien Energieträger führen. Die Gründe für diese Umstellung sind die beschränkten Ressourcen fossiler Energieträger und die mit ihrer Nutzung verbundene Umweltbelastung, insbesondere auch die klimarelevanten Emissionen. Erst vor dem Hintergrund der stufenweisen Einführung der Solarwasserstoff-Energiewirtschaft kommt dem Wasserstoff eine strategische Bedeutung bei der Speicherung und dem Transport von Energie als schadstofffreier Energieträger zu. Die Einführung von Wasserstoff muss aber in jedem Fall mit einer Effizienzsteigerung der Stromproduktion (oder der Effizienz, zum Beispiel der „well to wheel efficiency“) verbunden sein.

Angesichts der langen Vorlaufzeiten von der (geplanten) Umstellung der existierenden Infrastruktur auf einen neuen Energieträger bis hin zur Erlangung relevanter Marktanteile, muss eine frühzeitige kontinuierliche Entwicklung, Erprobung und Demonstration begonnen werden. Der derzeitige Weltjahresbedarf an Wasserstoff beträgt ca. 550 Milliarden mN<sub>3</sub>. Nahezu 90 % dieses Gesamtumsatzes werden für die Herstellung von Ammoniak und bei der Verarbeitung

von Mineralölen benötigt und nur ca. 1 % kommt als Treibstoff in den Weltraumprogrammen zur Anwendung. Die Wasserstoffgewinnung erfolgt beinahe ausschließlich aus Mineralölfractionen 48 %, Erdgas 30 % und Kohle 16 %.

Die wirtschaftlichsten Verfahren sind heute die Gewinnung von Wasserstoff aus der Dampfreformierung von Erdgas, der partiellen Oxidation von Schweröl und der Vergasung von Kohle mit nachfolgender Feinreinigung des Wasserstoffes. Die umweltfreundliche Erzeugung von „Wasserstoff aus Wasserkraft“ über den Weg der Elektrolyse von Wasser wird derzeit noch durch die höheren Produktionskosten beschränkt.

#### Das Modul Wasserstoff als Energieträger

Langfristig wird der aus erneuerbaren Energieträgern gewonnene Wasserstoff zunehmend die auf Erdöl basierenden Energieträger im Bereich der Stromerzeugung verdrängen und auch eine wesentliche Rolle in der Industrie, wie zum Beispiel in der Eisen- und Stahlherzeugung, zur Reduzierung von Kohlendioxidemissionen einnehmen.

Ein innovatives Verfahren zur Wasserstoffherstellung bildet den zweiten Schwerpunkt der Forschungstätigkeiten

im Rahmen der von der Christian-Doppler-Gesellschaft geförderten Forschungsarbeiten. Der Forschungsschwerpunkt liegt in diesem Zusammenhang auf einem an der TU Graz entwickelten Systemkonzept zur effizienten Wasserstoffherstellung, dem so genannten Reformer Sponge Iron Cycle (RESC). Das neue Systemkonzept RESC zur Erzeugung von Wasserstoff basiert auf der Kombination eines Reformers für Kohlenwasserstoffe und des Eisenschwammprozesses und ermöglicht sowohl den Einsatz von Kohlenwasserstoffen als auch von Synthesegasen als Brennstoff. Dieses System wird als wichtiger Teil einer Übergangsstrategie angesehen, die von dem gegenwärtigen, auf fossilen Energieträgern basierenden Energieversorgungssystem zu dem zukünftigen, auf erneuerbaren Energien aufbauenden Energieversorgungssystem führt.

Der Eisenschwammprozess ist ein diskontinuierliches Verfahren. Im Reduktionszyklus wird der Reaktor bei einer Betriebstemperatur von ca. 800°C mit dem Synthesegas durchströmt. Die im Synthesegas enthaltenen Brenngase, in erster Linie Kohlenmonoxid und Wasserstoff, reduzieren die Kontaktmasse (Eisenoxid in Form von Pellets). Das aus dem Reaktor austretende Schwachgas enthält Reste von Wasserstoff und Kohlenmonoxid. Wenn die Kontaktmasse im Reaktor bis zum chemischen Gleichgewicht reduziert ist, wird dem Reaktor Wasserdampf zugeführt. Im Oxidationszyklus reagiert der Wasserdampf mit der Kontaktmasse und bildet Wasserstoff. Nach der erfolgten Oxidation der Pellets zu Eisenoxid beginnt der Zyklus wieder von vorne. Das Synthesegas für den Eisenschwammprozess kann zum Beispiel durch die Vergasung von Holz gewonnen werden.

Die Untersuchungen am RESC konzentrieren sich auf die Optimierung der Kontaktmasse und der Abstimmung der Katalysatoren



Production of DMFC test cells

im Reformier mit den Anforderungen der Kontaktmasse an das Synthesegas. Genutzt werden dazu ein in Vorprojekten entwickelter, teilautomatisierter Teststand für den Eisenschwammreaktor sowie ein neuer Teststand zur Evaluierung von Katalysatoren für verschiedene Kohlenwasserstoffe. Die Funktionsweise des RESC Prozesses wird im Rahmen des Projektes in einer Versuchsanlage demonstriert. Grundlage für die Dimensionierung der Anlage des RESC sind die Modellierung der Energie- und Massenströme im Reformier und im Eisenschwammreaktor. Der wesentliche Vorteil gegenüber dem Eisenschwammprozess ist der zu erwartende höhere Wirkungsgrad der Wasserstofferzeugung.

### Fuel Cell and Hydrogen Systems

*Fuel cell technology offers the potential to excel today's automotive power techniques in terms of environmental compatibility, consumer's profit, costs of maintenance and efficiency. Fuel cell systems demonstrated high efficiencies, low emissions, a low level of noise and the applicability of a wide variety of fuels as well as superior reliability and durability in spacecraft and stationary applications. Even though fuel cells are currently economically competitive in niche markets only, detailed engineering studies suggest that fuel cells will be able to compete in mobile and stationary applications even without a major technical breakthrough.*

*The complexity of a fuel cell system including fuel processing components, auxiliary components and subsystems is primarily related to the used fuel. In stationary applications, natural gas will be the fuel of choice in the near-term future. In mobile applications, compressed hydrogen is currently favoured as fuel, with methanol being the second major fuel option.*

*A wider introduction of fuel cells into mass-production cars could very likely not start by providing propulsion, but rather power for on-board electrical sub-systems. The on-board power consumption has considerably increased in the last decades because many auxiliary systems that are still operated mechanically nowadays will be preferably operated by electric actuators in the future. Nowadays, electrical energy is produced by the on-board generator. If the generator was replaced by a fuel cell unit, electrical energy could be generated in a much more efficient way. This is especially true when the internal combustion engine is running in idle mode and used to provide electrical energy and heat only. These could in turn be obtained from the fuel cell APU (auxiliary power unit). Another vehicle concept where fuel cells are currently investigated in are mild hybrid vehicle. In such a drive train, a secondary power plant aids the primary device by providing additionally propulsion at strong acceleration for example, but is not strong enough to propel the vehicle on it's own. Operating fuel cells in such a mild hybrid drive train results in very favourable power system characteristics in terms of overall efficiency and performance.*

*The research work done at the laboratory in the area of fuel cell systems focuses on direct methanol fuel cells (DMFC). DMFC are the only type of fuel cell that can be operated on a liquid fuel without an external reformer, thus combining the advantages of a hydrogen fuel cell (high electrical efficiency, small emissions) with that of an easy-to-handle liquid fuel.*

*A new system of a Direct Methanol Fuel Cell with Circulating Electrolyte (DMFC-CE) is investigated. The DMFC-CE has the potential to solve the problem of methanol crossover (chemical short-circuiting) and at the same time has the advantages of a circulating electrolyte. This liquid electrolyte is arranged behind a matrix. The matrix could be a proton exchange membrane, but the goal is to find a more inexpensive material to reduce methanol diffusion into the electrolyte. The circulating liquid electrolyte con-*

*taining traces of methanol is pumped out of the cell and thereby prevents crossover. Since the liquid electrolyte is pumped through the system, the fuel cell can easily be interrupted and deactivated, avoiding a loss of methanol between operating periods. Traces of methanol in the electrolyte can then be recovered and the electrolyte re-cycled into the cells.*

*The implications of operating parameters on stationary, as well as non-stationary behaviour of system components are investigated and optimised by system modelling. For the evaluation of heat and mass transfer as well as the flow distribution and the water management in DMFC-CE, a mathematical model will be adapted. The model enables the investigation of DMFC-CE performance under variation of load or gas supply.*

*A reduction of emissions in the near future can be achieved by two ways: either by improving internal combustion engine-technology, or by introducing a new, environmentally-friendlier fuel such as rape-seed oil, natural gas or methanol. Since the conversion of existing infrastructure from current fossil fuels to a new source of energy will take a considerable amount of time, research and development work leading towards this goal must be pursued already at this early stage.*

*Currently, the global annual hydrogen demand is approximately 50 million tons (550 billion Nm<sup>3</sup>). Approximately 90% of this amount is consumed in ammonia production, a mere 1% is actually used as fuel in space programs.*

*The economically favoured ways of producing hydrogen are currently the reformation of natural gas, partial oxidation of fuel oil, and coal gasification. The environmentally-friendly production of hydrogen via electrolysis utilizing power from hydro-electric power plants is not yet cost-competitive.*

*Hydrogen produced by regenerative means will replace fossil fuels in their position in power generation as well as in the industry, such as in steel-making for example.*

*Within the hydrogen module, it is intended to investigate and adapt a process cycle referred to as Sponge Iron Reaction (SIR) process, which has already been proven for gas clean-up to gain hydrogen from gasified biomass. The combination of a special reforming process with this purification method, the so-called Reformer Sponge Iron Cycle (RESC) shall offer a relatively uncomplicated technique for producing of hydrogen of appropriate purity on a high level of efficiency from natural gas and liquid hydrocarbons.*

*The original SIR process was developed for low BTU gases. Process behaviour and long-term stability were investigated up to now using different contact masses (industrial iron ore pellets), moving between the magnetite and wuestite stage of oxidation. Since some of the iron ore contact mass will be reduced to iron instead of merely wuestite, this poses new requirements to the material. As mechanical resistance, high reactivity and good chemical stability of the contact mass in use are of crucial importance, especially when parts of the contact mass are repeatedly reduced to the iron stage of oxidation, thorough investigation of physicochemical behaviour of the contact masses is desired. Therefore, a major part of the planned work will concentrate on further material optimisation.*

*Parallel to experimental investigation, a mathematical model of the RESC is developed, taking thermodynamic equilibrium data and heat transfer, as well as material and energy balances into account. Calculations with varying input parameters will help to determine optimised operating conditions. Heat management will be considered when designing a reformer heated by combustion of the lean gas and an additional fuel. The model will then be adapted and refined on the basis of experimental data, and finally result in the design of an optimised hydrogen generation unit.*



# Nichtlineare Signalverarbeitung

## *Nonlinear Signal Processing*

Das Christian Doppler Laboratorium für Nichtlineare Signalverarbeitung beschäftigt sich mit den numerischen Rechenverfahren oder Algorithmen, die das Herzstück der modernen Informations- und Kommunikationstechnik bilden. Die informationstragenden Signale liegen dabei digitalisiert als Zahlenfolgen vor, die mit Hochgeschwindigkeitsprozessoren in integrierten Schaltungen verarbeitet werden.

Nichtlinearität kennzeichnet eine Klasse von Systemen, deren Antwort auf eine Überlagerung von Eingangssignalen nicht aus der entsprechenden Überlagerung der Einzelantworten erklärt werden kann. Das CD Labor für Nichtlineare Signalverarbeitung stellt sich dieser Herausforderung und bringt Ergebnisse der modernen Mathematik (von der robusten Statistik über automatisches Lernen bis hin zur Chaostheorie) in Systeme der Signalverarbeitung ein. In den Projektmodulen werden hochgenaue und schnelle Analog-Digital-Wandler für den Einsatz in höchstintegrierten Schaltungen entwickelt, nichtlineare Verzerrungen in den Endstufen von ADSL Modems kompensiert, und Sprachaufzeichnungen von Hintergrundgeräuschen sowie Nachhall und Verzerrungen befreit, um in Rundfunk- und Fernseharchiven gezielt nach Information suchen zu können.

Die Industriepartner des Labs sind im Bereich Chip Design und Telekomwendungen die Microelectronic Design Centres Austria GmbH der Infineon Technologies in Villach (<http://www.infineon.com/ezmvi>) sowie das auf dem Gebiet der Sprachtechnologie spezialisierte KMU Sail Labs Technology AG in Wien (<http://www.sail-technology.com>). Das Labor ist am Institut für Nachrichtentechnik und Wellenausbreitung der TU Graz unter Leitung von Univ.-Prof. DI Dr. Gernot Kubin eingerichtet (<http://spsc.inw.tugraz.at>).

### *Nonlinear Signal Processing*

*The Christian Doppler Laboratory for Nonlinear Signal Processing addresses fundamental research questions arising from signal processing applications which are challenging due to their nonlinear aspects. We deliver theoretical analyses, develop and optimize new algorithms and, through their implementation, build awareness for their complexity, robustness, accuracy, and power consumption trade-offs.*

*The Christian Doppler Laboratory for Nonlinear Signal Processing takes a leading role in the solution of signal processing problems where conventional methods fail. It thrives from and supports the bidirectional exchange of know how and people between nonlinear science and the sweeping digital signal processing revolution in its industrial partnership.*

Anmerkung der Redaktion: Da das CD Labor Nichtlineare Signalverarbeitung erst kürzlich seinen Betrieb aufgenommen hat, konnte noch keine genauere Darstellung erfolgen. Dieses wird natürlich in einer der nächsten Ausgaben nachgeholt.

Dipl.-Ing. Dr.techn. Franz Holzer  
Forschungs- und Technologieinformation der TU Graz  
E-Mail: franz.holzer@tugraz.at  
Tel: 0316 873 8390



## Science Park Graz: Startrampe für akademische Unternehmensgründungen an der TUG

### *Science Park Graz: we are taking off*

Der Science Park Graz ist ein Zentrum im Sinne des AplusB Impulsprogrammes für akademische Gründungen („spin offs“). Damit sollen wesentliche Voraussetzungen dafür geschaffen werden, dass ein höherer Anteil von Personen mit wissenschaftlicher Vorbildung als bisher die Möglichkeit aufgreift, ein innovatives und Technologie bezogenes Unternehmen zu gründen, in welches die Erfahrungen und Ergebnisse eigener Forschungs- und Entwicklungsarbeit ebenso wie die bisherige Berufserfahrung eingebracht werden. Dadurch wird sowohl die wirtschaftliche Qualität des Standortes Graz/Steiermark verbessert als auch die Vielfalt der akademischen Berufsentwicklungen und Laufbahnen erhöht.

Unser Antrag auf Genehmigung eines solchen Zentrums stand im Wettbewerb mit fünf weiteren Anträgen, die bis 1. November 2001 einzureichen waren. Im Auftrag des Technologieministeriums (bm:vit) hat eine internationale Jury unseren Antrag in den letzten Jännertagen 2002 nicht nur genehmigt, sondern die Qualität des Antrages sogar vor allen anderen gereiht.

#### Struktur

Der Science Park Graz ist ein Konsortium, in dessen Mittelpunkt eine Kapitalgesellschaft, die Science Park Graz GmbH steht, die aus drei Gesellschaftern mit folgender Verteilung der Anteile am Stammkapital besteht (siehe Abb. 1):

- Stadt Graz
- Zentrum für Angewandte Technologie (ZAT), Leoben, als bestehendes akademisches Gründerzentrum außerhalb des AplusB-Programmes, als Partner für Erfahrungsaustausch

Schließlich sind im Konsortium noch eine Reihe von Personen als Business Mentoren eingebunden, welche Coaching-Funktionen für



Abb. 2



Abb. 1

Darüber hinaus sind folgende Institutionen der akademischen Forschung und Ausbildung als Akademische Partner mit gesonderten Rechten und Pflichten am Science Park Graz beteiligt (siehe Abb. 2):

- Joanneum Research GmbH,
- Österreichische Akademie der Wissenschaften, Standort Graz,
- Technikum Joanneum GmbH mit ihren Fachhochschul-Studiengängen
- Universität für Musik und Darstellende Kunst Graz
- WIFI Steiermark GmbH, Bereich FH-Studiengänge (Campus 02)

Somit ist die gesamte akademische Landschaft des Zentralraumes Graz (und darüber hinaus) vollständig im Konsortium vertreten.

Darüber hinaus sind folgende zwei unterstützende Partner in das Konsortium eingebunden:

einzelne Gründungsvorhaben übernehmen und so den zukünftigen Gründern und Gründerinnen in persönlichen Gesprächen wertvolle Hinweise über die Ausrichtung ihrer Geschäftstätigkeit geben. Diese Liste enthält derzeit rund 20 Namen, von denen Absichtserklärungen vorliegen. Gerade die Aktivitäten der letzten Zeit haben dazu geführt, dass diese Liste neue Einträge erhalten hat, obwohl die Leistungen dieser Personen als ehrenamtliche Tätigkeit nicht finanziell entgolten wird.

#### Inhaltliche Grundlagen

Im Kern der Ideen, die zur Gründung des Science Park Graz geführt haben, steht das Bild eines offenen Zentrums, in dessen Rahmen interdisziplinäre Teams, aber auch einzelne Gründerpersönlichkeiten eine Geschäftsidee kaufmännisch sinnvoll durch Gründung eines eigenen Unternehmens in die Praxis umsetzen. Die akademische Herkunft der Gründerperson(en), also Studienort und Studienrichtung spielen keine Rolle im Sinne einer Eintrittsbedingung. Er oder sie kann auch evangelische Theologie in Tübingen studiert haben, und sich dabei im Nebenfach astronomische und mathematische Zusatzkenntnisse angeeignet haben. Wie etwa Johannes Kepler, der dann nach Graz gekommen ist. Entscheidendes Kriterium ist einzig und allein die Qualität der Geschäftsidee und des Umsetzungsplans. Diese Idee muss fachlich, z.B. elektrotechnisch, einwandfrei sein, aber vor allem kaufmännisch sinnvoll und praktisch umsetzbar erscheinen (siehe dazu auch Abb. 3). Gewerbliche oder freiberufliche Gründungen (z.B. Architekturbüro, Steuerberatungskanzlei) sind im Zentrum nicht vorgesehen, obwohl sie auf die wirtschaftliche Nutzung akademischer Studien aufbauen. Der fachliche Aspekt der Gründungsidee wird von einem akademischen Mentor beurteilt, den sich das Gründungsteam oder die einzelne Person frei aus dem Konsortium (also dem Kreis



Abb. 3

der Gesellschafter oder Partner) auswählt. Die Leistungen dieser akademischen Mentoren werden finanziell abgegolten, wobei ein nach oben eingeschränkter, aber durchaus marktüblicher Stundensatz verrechnet werden kann, jedoch mit einem Selbstbehalt von 25%. Die Entwicklung eines marktfähigen Produktes oder Verfahrens als Kern der Unternehmensgründung (sofern dies nicht eine Dienstleistung oder Software ist) kann den zeitweiligen Zugriff auf die Forschungs-Infrastruktur eines Institutes erfordern. Diese wird, nach vorherigem Anbot, zu marktüblichen Vollkosten abgegolten, allerdings wieder mit einem Selbstbehalt von 25% des Institutes.

**Vorgangsweise und Ablauf**

Die Aufnahmephase eines Gründungsvorhabens mit den verschiedenen Ausbildungs- und Betreuungsaktivitäten ist schematisch in Abb 5. dargestellt. Ab diesem Zeitpunkt beginnt der Aufenthalt im Zentrum mit der (sparsamen) Bereitstellung von Räumlichkeiten, Infrastruktur und materiellen Förderungen, einschließlich eines zinslosen Darlehens. Dieser Aufenthalt sollte 18 Monate nicht wesentlich überschreiten und, wenn möglich, die Gründung des Unternehmens als rechtlicher Schritt (Eintra-



Abb. 4

gung in das Firmenbuch beim Handelsgericht) enthalten oder vollständig vorbereiten. Der Aufenthalt im Zentrum und dessen Leistungen schließen somit die besonders heikle Lücke zwischen den Programmen der Forschungsförderung und den bestehenden Maßnahmen der Unternehmensfinanzierung (Abb. 4).

**Und was dann?...**

Nach der erfolgten Gründung ist die Weiterführung des Unternehmens im Rahmen eines der Impulszentren der SFG (Steirische Wirtschaftsförderung) eine nahe liegende Option, aber es besteht keinerlei Verpflichtung dazu. Die Schaffung eines eigenen Unternehmenssitzes auf der Basis des Marktes für Firmen-Immobilien ist schließlich ganz im Ermessen (und zu Lasten) des nun bestehenden Unternehmens.

**Wann geht es los?**

Der operative Start ist mit Anfang Juli 2002 geplant, nicht zuletzt deshalb, weil damit das erste Quartal des ersten Geschäftsjahres beginnt. Die Ausschreibung der Position der Geschäftsführung hat die einstimmige Entscheidung der drei Gesellschafter für Frau DI Dr. Kirsten Tangemann ergeben, die die Ansprechperson für weitere Fragen ist. Die Räumlichkeiten des Science Park Graz befinden sich vorübergehend im Gebäude Mandellstraße 11, 2. Stock, und werden im Laufe des Jahres 2003 in ein neu errichtetes Gebäude im Bereich Inffeldgasse übersiedeln.

Mit dem Einzug des ersten Gründungsvorhabens ist frühestens im Oktober dieses Jahres zu rechnen. Skizzen von Geschäftsideen können ab sofort dem interimistischen Geschäftsführer unter Zusage der Vertraulichkeit übermitteln werden.

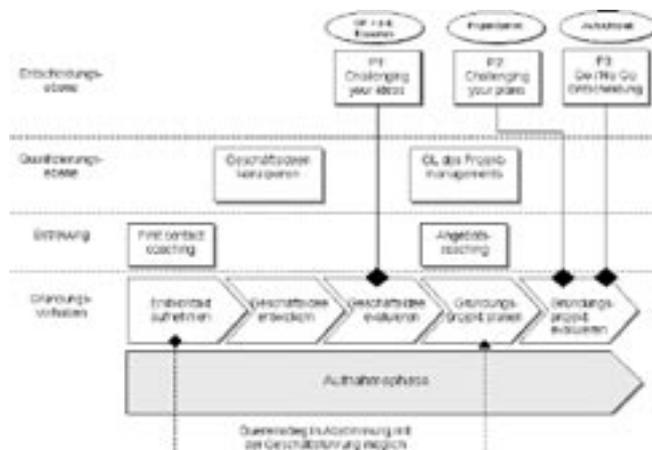


Abb. 5

**Science Park Graz: we are taking off**

Science Park Graz is a joint initiative of all academic institutions, both in research and education, located in the area of Graz.

Co-ordinated by TUG, it has partners in the world of high-tech businesses and economic development institutions.

At the core of this consortium is a private limited company, whose shareholders are:

- Graz University of Technology (TUG): 48%
- University of Graz: 26%
- Innofinanz Ltd (a regional agency for innovation financing): 26%.

Science Park Graz is an open-minded academic on-campus business incubator for technology-oriented new companies, which

*formally started its activities on July 2, 2002. It was planned and is financed within the framework of the Austrian AplusB initiative, the financial support totalling EUR 3.6 m for the next five years. By 2007, 30 new spin-off companies are to be founded and to become active in business.*

*Regardless of the specific academic background and affiliation of the entrepreneur, the fundamental criterion to be successfully accepted inside Science Park Graz is the quality of the business idea and plan, as assessed by an international Project Advisory Board. Upon acceptance, the entrepreneur (an individual or, even more welcome, an interdisciplinary team) is given 18 months to get started and to benefit from additional preparatory training units, including academic mentoring, access to R&D equipment (if necessary) and some financial support as well. A very important contribution is provided by business mentors who used to be start-up entrepreneurs themselves and who successfully run their own company now.*

*Contact:*

*Dr. Franz Holzer  
managing director (ad interim)  
Tel 0043 316 873 8390  
Fax 0043 316 873 8397  
franz.holzer@tugraz.at*

*Preview:*

*Dr Kirsten Tangenmann, the managing director-elect, will take over on October 1, 2002.*



## Mehrfachzugriffsverfahren für terrestrische und satelliten-gestützte Breitband-Funknetze

### *Multiple Access Technologies for Terrestrial and Satellite-based Broadband Radio Networks*

Begeistert durch den Informatikunterricht begann ich nach Abschluss der AHS mit dem Telematikstudium. Im Laufe des Studiums kristallisierte sich mein spezielles Interesse für die Nachrichtenübermittlung heraus. Diesen Themenbereich vertiefte ich auch im Rahmen eines einjährigen ERASMUS-Auslandsaufenthaltes an der University of Plymouth, wo ich mit Auszeichnung den Abschluss eines „Bachelor of Engineering in Communications Engineering“ erreichte. Anschließend verfasste ich meine Diplomarbeit mit dem Titel „Survey of modern broadband technologies for the high-speed access to the Internet“ und schloss mein Studium mit dem Titel der „Diplom-Ingenieurin“ ab. Das attraktive Angebot zur Mitarbeit an einem Forschungsprojekt mit der Telekom Austria AG nahm ich sofort an und begann als wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Nachrichtentechnik und Wellenausbreitung zu



arbeiten. Seit zwei Jahren bin ich als Universitätsassistentin auch in der Lehre tätig und betreue Rechenübungen zu „Nachrichtentechnik“ und „Informationstechnik und Codierung“, sowie Projektarbeiten. Neben meiner Arbeit besuche ich das Master-Studium „Space Sciences“ und arbeite an meiner Dissertation.

Schon die ersten Forschungsprojekte behandelten Alternativen zum konventionellen Internetzugang, um Benutzerinnen und Benutzern hohe Datenraten auch in entfernten Regionen zu ermöglichen. Mit Hilfe von satellitengestützten Netzwerken ist der breitbandige Zugang zu Internet- und Kommunikationsdiensten auch in dünn besiedelten Gegenden mit schlechter Kommunikationsinfrastruktur möglich. Der Einsatz von standardkonformen Datenübertragungsprotokollen und Anwendungen spielt hierbei eine wichtige Rolle. Beispielsweise können die im Internet verwendeten TCP/IP-Protokolle erst nach Anpassung einiger Parameter effizient eingesetzt werden.

Wenn regional begrenzte Gebiete mit einem alternativen Zugangszugang versorgt werden sollen, werden in Zukunft breitbandige Punkt-zu-Mehrpunkt Funknetze bei hohen Frequenzen (z.B. im 40 GHz Bereich) den Benutzern hohe Datenraten bieten können. Die eingesetzten Systeme haben ähnliche Eigenschaften wie jene für Satellitennetze.

Um die in beiden Fällen teure Ressource „Bandbreite“ effizient auszunutzen, müssen zukünftige Systeme einer möglichst großen Anzahl von Benutzern Zugang zum Netzwerk ermöglichen. Im Rahmen meiner Dissertation werden geeignete Mehrfachzugriffsverfahren für ein am Institut für Nachrichtentechnik und Wellenausbreitung implementiertes Demonstrator-Netzwerk (Punkt-zu-Mehr-

punkt Breitbandfunksystem bei 40 GHz) untersucht. Mit Hilfe von Simulationen soll ein Mehrfachzugriffsverfahren für möglichst große Benutzerzahlen optimiert werden. Es ist anzunehmen, dass eine Kombination von wettstreit-basierten und zentral-gesteuerten Verfahren sinnvoll wäre. Als Simulationstool wird der Netzwerksimulator der University of Berkeley (ns-2) verwendet, der für Forschungszwecke frei verfügbar ist.

Darüber hinaus beschäftigen sich meine Kollegen und ich auch mit den Einsatzmöglichkeiten von breitbandigen Funknetzen, sowohl terrestrischen als auch satellitengestützten. Gerade zukünftige Systeme, die entsprechend hohe Datenraten anbieten, haben die Möglichkeit eine Vielzahl an Diensten zu übertragen, für die in der Vergangenheit separate Infrastruktur notwendig war. Die so genannte „Konvergenz der Dienste“ kann voll unterstützt werden. Neue Dienste können Elemente aus den folgenden Bereichen enthalten, wovon einzelne Anwendungen schon heute über das Internet abgerufen werden können:

- Telekommunikation (ISDN und zunehmend digitale Dienste (H.323))
- Datendienste (Internet)
- Unterhaltung (Video Streaming, digitale Fernseh-Programme)
- Navigation (location based services)

Dienste, die optimal die Verteilfähigkeit von Satellitennetzen ausnützen können, sind zum Beispiel Videokonferenzen, E-Learning bzw. Tele-Teaching und Tele-Medizin.

In weiterer Folge soll die Kombination von verschiedenen Kommunikationstechnologien für den jeweils optimalen Einsatz im Bedarfsfall untersucht werden und solche Hybrid-Netze für zukünftige Dienste konzeptioniert werden.

### *Multiple Access Technologies for Terrestrial and Satellite-based Broadband Radio Networks*

*Encouraged by the informatics lessons at school I chose to study "Telematik" at Graz University of Technology, and soon my interest for communications technologies took shape. Within my diploma thesis "Survey of modern broadband technologies for the high speed access to the Internet" I came into contact with broadband communications technologies.*

*Since my degree I have been working at the Department for Communications and Wave Propagation in different research projects and as a university assistant I am also giving lectures. My research areas are:*

- *Satellite based networks as alternative for the conventional internet access in remote regions.*
- *Terrestrial point-to-multipoint broadband radio networks are in rural areas appropriate for the transmission of high data rates.*
- *The optimisation of multiple access schemes to increase the number of potential users of the radio network.*
- *Possible applications for broadband radio networks, both terrestrial and satellite based, to reach a convergence of services. With other words one system should be able to transmit a great number of different services for which up to now separate infrastructures were necessary.*
- *In future we want to create hybrid networks through the combination of different communications technologies which can be adapted to the respective requirements.*



## Räumliche Imaginationen, Visionen, Phantasmen...

### *Spatial Imagination, Vision and Phantasm*

Univ.-Ass. Mag.arch. Nicole David: 1972 geboren in Wien, Studium der Architektur ab 1990 an der Technischen Universität Wien, ab 1993 an der Akademie der bildenden Künste in Wien. 1998 Diplom mit Auszeichnung an der Meisterschule Prof. Rüdiger Lainer. 1998 Mitbegründung des Designbüros D+, 1999/2000 Mitarbeit im Architekturbüro Jabornegg\_Pálffy (Wien). Seit Oktober 2000 Universitätsassistentin an der Technischen Universität Graz.

Univ. Prof. Irmgard Frank initiierte am Institut für Raumgestaltung mit den Thematiken „Licht\_künstliches Licht“ und „Veränderung der Raumwahrnehmung\_Raumimagination“ zwei neue Forschungsschwerpunkte.

Bereits im Rahmen meiner Diplomarbeit 1998 „thinking\_dreaming xspace: imaginary + fictitious space“ – ein Experiment mittels theoretischen Ansätzen und gezielten Raumwahrnehmungsexperimenten imaginierten Raum architektonisch zu interpretieren und zu generieren – begann meine Annäherung dieser Art an das Phänomen RAUM sowohl auf praktischer, als auch auf theoretischer Ebene.

Die Arbeit (Fertigstellung 2003) befasst sich mit räumlichen Imaginationen, Visionen, Phantasmen ... – und ihrer architektonischen Über- und Umsetzung: Dem gebauten Raum liegt ein idealer, ein abstrakter, ein phänomenaler oder die Auseinandersetzung mit einem metaphysischen Raum zugrunde, aus denen sich in der Überprüfung auf ihre Baubarkeit ein eben solcher generiert. Er ist somit nur Bestandteil einer Gesamtwirklichkeit. Diese imaginären Raumlayer sind einerseits essentielle Bestandteile einer Raumproduktion, des Entwurfprozesses des Architekten, andererseits existieren sie neben dem physischen Raum weiter. Sie definieren jene Seele eines Objektes, die für den Architekturbenutzer in seiner Raumwahrnehmung erlebbar wird. Je mehr sie in gebaute Struktur miteinbezogen und demnach nicht vernachlässigt wurden, umso mehr werden sie indirekt zum dominierenden räumlichen Parameter. Wie sehr sie sich mit dem mentalen Sekundärraum, mit dem der Benutzer den physischen Raum behaftet und überlagert, überschneiden ist eine der Fragestellungen. In welchem Grad eben dieser Sekundärraum seine Substanz rein aus der subjektiven „Materialsammlung“ bezieht, und wie groß der Beitrag des kollektiven Unterbewusstseins ist, soll entdeckt werden.

Im analytischen Teil sollen einerseits diese Seelen von Gebäuden und Räumen herausgefiltert, andererseits aus der architektonischen Beschaffenheit jene, sowohl materielle, als auch immaterielle, räumliche Parameter im Detail betrachtet werden um festzustellen inwiefern, ab welcher Intensität oder/und in welchen Konstellationen sie dem Benutzer die imaginären Gegenräume öffnen.

Analyse > Fliegen: die Sehnsucht des Menschen nach Vordringen in neue Dimensionen, nach dem Weg ins Offene, dem Streben nach oben und die Überwindung der Schwerkraft. Die architektonische Übersetzung dieser imaginären Räume ist in der Architekturgeschichte am eindeutigsten in der Mystik sakraler Bauten und in der Ausformulierung von Architekturutopien aufzuspüren und zu erläutern.

Schwimmen: die Sehnsucht des Menschen nach Verortung, Geborgenheit und der Präsenz des „Leibraumes“, der im weiteren Sinn als die Summe aller „Räume“ gilt, die aufgrund der Leiblichkeit konstituiert oder auf diese bezogen werden.

Ich erläutere dieses Thema mit der Unterstützung des Elementes Wasser. Wasser in seinem Einsatz als räumliches Element beschleunigt den Transfer in mentale Räume.

Zusätzlich gehen aus Wahrnehmungsexperimenten, wie einer Versuchsserie im Deprivationstank (Samadhitank; in Graz mit Unterstützung des MUWA – Museum der Wahrnehmung) und bewusstseins-

verändernder Zustände, Beschreibungen von Halluzinations- und Traumräumen hervor: Diese Ereigniswelten, die den Träumenden weit in die Unendlichkeit des Kosmos – weit in die Phantasie und die Welt des absolut Imaginären – bringen können, oder auch in das eigene Innere. Räumliche Parameter dieser Erlebniswelten werden in diesen Beschreibungen verbildlicht. Diese Bilder spiegeln sich in unserer gebauten Realität bzw. in den imaginären Räumen dahinter.

> Wie wird auch die Architektur der Zukunft fliegen und schwimmen ermöglichen?

Was sind im architektonischen Sinn die Kathedralen und Tempel der Zukunft? Ist es die Dimension der Städte, die architektonische Ausformulierung der Shoppingcentre oder der Cyberspace, die diesen Transfer in die Scheinwelten herbeiführen?

Wie gestaltet sich Future Vision Housing um uns eine sichere Positionierung im Raum zu gewähren?

Wie wird gebauter Raum durch seine Parameter diese Raumsehnsüchte, -bedürfnisse .... tendenziell befriedigen oder steuern, bzw. in welche Richtung werden sich diese Parameter entwickeln?

In der Zusammenführung beider Forschungsschwerpunkte entstand am Institut für Raumgestaltung die Idee für das Projekt *imagine \_ licht, schein und raum* ([www.imagine.tugraz.at](http://www.imagine.tugraz.at)), in Form einer Publikation und eines Symposium im Jänner 2003.

### *Spatial Imagination, Vision and Phantasm*

[1972, born in Vienna. Studies of architecture at Vienna University of Technology and the Academy of Fine Arts Vienna. Diploma in 1998 at the masterclass Prof. Rüdiger Lainer. 1998-1999 member of D+ (designoffice Vienna). 1999/2000 collaboration at Jabornegg\_Pálffy architects. Since October 2000 assistant at Graz University of Technology.]

Prof. Irmgard Frank introduced „light“ and „perception and imagination of space“ as new fields of research at the Institute of Spatial Design.

My appreciation for the phenomenon SPACE was created within the work on my diploma „thinking\_dreaming xspace: imaginary + fictitious space“ – an experiment on generating imaginary space architecturally.

My master thesis deals with spatial imagination, its interpretation and translation into architecture:

Imaginary, immaterial spatial layers are crucial components for the production of space. After the building process they attach architecture with a certain spirit, which leads to the users' mental space. What are the thresholds of phenomenal intensity at which spatial parameters might recede into the perceptual background behind dominant mental (virtual) spatial images?

Analysis > Flying: longing for take-off into other dimensions, a desire for freedom ... those tendencies are reflected in imaginary spaces of sacred and utopian architecture.

Swimming: longing for spatial existence and safety, and space created for extending the human body. Water in its use as an architectural element accelerates the transfer into mental space. As a result, it is used as an instrument.

Besides, experiments of perception like floating in the tank of deprivation (Samadhitank) show images of spaces of desire. Those images are reflected in „built“ reality.

The question arises in which way flying and swimming will be made possible by architecture in future.

Will mega cities, shopping malls or cyberspace replace cathedrals equally?

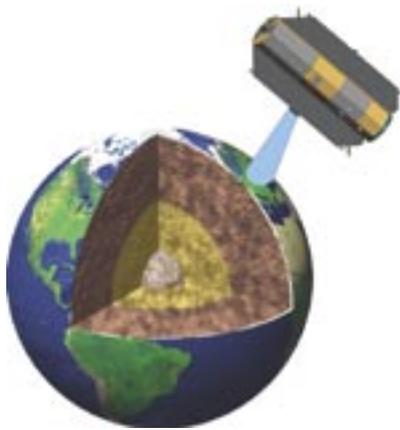
Will a safe and endurable position in space be guaranteed? The project *imagine \_ light, shine and space*, an expertise and symposium arranged for January 2003 is the result of combining both fields of research.



## Das Schwerfeld der Erde

### *The Earth's Gravity Field*

Geboren und aufgewachsen in Mariazell, hätte ich nach einer wirtschaftsorientierten Ausbildung an der Bundeshandelsakademie Bruck/Mur mein weiteres Glück wohl an der Wirtschaftsuniversität Wien versucht, wäre zu dieser Zeit nicht im Wirtschaftsmagazin ‚trend‘ eine Annonce erschienen, die die damalige Arbeitsmarktsituation so prägnant widerspiegelte: ‚Sie müssen ja nicht Tellerwäscher werden, wenn Sie nicht an der WU studieren!‘. Offen gestanden hätte ich vermutlich auch sonst meiner inneren Stimme vertraut und meinen ureigensten Interessen nachgegeben: So wurde ich Student der Geophysik an der Universität Wien und schloss mein Studium 1995 ab.



Auf meine Lehrjahre in Wien folgten die Wanderjahre in Deutschland. Konkret war ich im Rahmen eines geophysikalischen Projekts mit dem Titel ‚KTB - Kontinentale Tiefbohrung der Bundesrepublik Deutschland‘ in Bayreuth beschäftigt. Hier befasste ich mich mit der Untersuchung der magnetischen Eigenschaften von Bohrkernproben, die man in einem wissenschaftlichen Mammutprojekt aus einem fast 10 km tiefen Bohrloch gefördert hatte.

Es ist dem Zufall - oder eher meiner Schwester, die mir die Stelenausschreibung nach Bayreuth geschickt hatte - zu verdanken,

dass ich schon 1997 in mein Heimatbundesland zurückkehrte und Universitätsassistent am damaligen Institut für Theoretische Geodäsie der Technischen Universität Graz wurde. Neben meiner Lehrtätigkeit in den Bereichen Ausgleichsrechnung, Geostatistik, Satellitengeodäsie und Geophysik absolvierte ich das Doktoratsstudium und wurde im Dezember 1999 unter den Auspizien des Bundespräsidenten zum Doktor der technischen Wissenschaften promoviert. In meiner Dissertation beschäftigte ich mich mit synthetischen Erdschwerfeldmodellen.

In der Forschung bin ich derzeit im Rahmen eines internationalen Projekts der Europäischen Weltraumorganisation ESA tätig. Ziel ist die Entwicklung und Vorbereitung der Satellitenmission GOCE (Gravity field and steady-state Ocean Circulation Explorer), einer „Core Mission“ des „ESA Earth Explorers Programme“, die das Schwerfeld der Erde hochpräzise bestimmen soll. Die Frage ‚Wozu Schwerfeld?‘ ist schnell beantwortet: Die genaue Kenntnis des Erdschwerfeldes wird in sehr vielen geowissenschaftlichen Disziplinen benötigt. Neben zahlreichen geodätischen Aufgaben und Anwendungen, wie z. B. der globalen Vereinheitlichung des Höhen-Referenzsystems, der verbesserten Bahnbestimmung künstlicher Satelliten, Applikationen im Bereich der Positionierung und Navigation, etc., wird diese interdisziplinäre Mission einen wesentlichen Beitrag zum globalen Umweltmonitoring liefern, da Meeresströmungen sichtbar gemacht werden können und somit verbesserte Klimaprognosen möglich werden. Weiters werden wichtige Informationen über die dynamischen Prozesse der Erdkruste erwartet, um beispielsweise in Zukunft genauere Erdbebenvorhersagen tätigen zu können.

Die dedizierte Schwerfeldmission GOCE hat die Bestimmung des globalen Erdschwerfeldes, repräsentiert durch das Geoid als ausgezeichnete Referenzfläche im mittleren Meeresniveau, mit einer Genauigkeit von 1 cm und einer räumlichen Auflösung von 70 km zum Ziel. Das Messkonzept beruht auf einer Sensorfusion bestehend aus einem GPS-Empfänger zur hochgenauen Positionierung des Satelliten und einem Gradiometer, das die zweiten Ableitungen

des Schwerfeldpotentials misst. Die Berechnung der etwa 100 000 Schwerfeldparameter aus mehreren 100 Millionen Beobachtungen, die während der zwei Messperioden von je 6 Monaten gesammelt werden, ist ein numerisch anspruchsvolles (Inversions-)Problem, für dessen Lösung spezielle Algorithmen erforderlich sind. Aufgrund der großen Datenmengen bietet sich der Einsatz von parallelen Processing-Strategien an. Hier besteht eine enge Kooperation mit dem Projekt „Scientific Supercomputing“ der TU Graz.

Im Rahmen dieses europäischen Satellitenprojekts beschäftige ich mich neben der Entwicklung von numerischen Algorithmen zur Schwerfeldlösung auch mit dem Problem der Kalibrierung von Gradiometer-Beobachtungen und der Reduktion von zeitlich variablen Schwerfeldkomponenten (aufgrund von Gezeiten, hydrologischen Phänomenen, Meereshöhenschwankungen, ...) im Zuge des GOCE-Preprocessing. Weiters wurde ich von Univ.-Prof. Dr. H. Sünkel in seiner Funktion als Leiter des Europäischen GOCE-Konsortiums mit der Koordination der wissenschaftlichen Arbeiten des Grazer GOCE-Teams, einer Kooperation des Instituts für Geodäsie, Abteilung für Theoretische Geodäsie, der TU Graz und des Instituts für Weltraumforschung, Abteilung für Satellitengeodäsie, der Österreichischen Akademie der Wissenschaften (Leiter: jeweils H. Sünkel) betraut.

Bis zum Sommer 2003 steht die Entwicklung eines Software-Prototyps im Rahmen des europäischen GOCE-Konsortiums an, und unser Ziel ist es, das Grazer GOCE-Team so stark wie bisher in den Kernaktivitäten des Satellitenprojekts GOCE - bis zu dessen geplanten Start im Frühjahr 2006 und weit darüber hinaus - zu positionieren.

### *The Earth's Gravity Field*

*My career as a university associate at Graz University of Technology, Institute of Geodesy, started in 1997, after attending a commercial college in Bruck/Mur (Styria) and graduating a diploma study of geophysics at the University of Vienna. Subsequent to collecting my M.Sc. degree, I gained some scientific experience at the University of Bayreuth, Germany, where I was employed in the framework of the „Continental Deep Drilling Project of the Federal Republic of Germany“.*

*During my employment at Graz University of Technology, I started a Ph.D. study and graduated in December 1999, ‚sub auspiciis praesidentis‘. My dissertation deals with the development of synthetic global gravity models. I give lectures in adjustment theory, geostatistics, satellite geodesy and geophysics.*

*Actually I am involved in an international project of the European Space Agency, dealing with the preparation of the satellite mission GOCE (Gravity field and steady-state Ocean Circulation Explorer), a core mission of the „ESA Earth Explorers Programme“. The major goal of the gravity gradiometry mission is the global determination of the Earth's gravity field with utmost precision and resolution. This gravity field information is needed in many geoscientific fields, such as geodesy (global unification of the height system, improved orbit determination of artificial satellites, various applications in navigation, ...), solid Earth geophysics (improved modelling of the lithosphere and its dynamics), oceanography and climatology, because in combination with satellite altimetry the topography of the oceans and thus ocean currents can be precisely measured, resulting in advanced models of future climate changes.*

*In the course of the GOCE project, I am working on numerical algorithms for gravity field recovery, i.e. solving equation systems of about 100,000 parameters and several 100 million unknowns. Additionally, I investigate the calibration of gradiometer observations and the reduction of temporal variation effects of the Earth's gravity field. Actually, I coordinate the scientific work of the GOCE team Graz, which contributes to the development of the scientific processing architecture by an European consortium.*

Kontaktadresse:  
Technische Universität Graz  
Referat für Öffentlichkeitsarbeit  
Rechbauerstraße 12, 8010 Graz  
Tel: ++43 (0) 316 873 6064  
[info@tugraz.at](mailto:info@tugraz.at)  
<http://www.TUGraz.at>